



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, Las Industrias y los Recursos Naturales no
Renovables

Carrera de Electromecánica

Implementación del Pocket Lab ADALM1000 en la enseñanza de teoría de
circuitos en Ingeniería Electromecánica

Trabajo de Titulación
previo a la obtención del Título
de Ingeniero Electromecánico

AUTOR:

Manuel Geovanny Ríos Cuenca

DIRECTOR:

Ing. José Fabricio Cuenca Granda, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 31 de julio de 2024

Ing. José Fabricio Cuenca Granda, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de titulación, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“Implementación del Pocket Lab ADALM1000 en la enseñanza de teoría de circuitos en Ingeniería Electromecánica”** previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico realizado por el señor estudiante: **Manuel Geovanny Ríos Cuenca** con cédula de identidad **Nro. 1104572308**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Ing. José Cuenca, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Manuel Geovanny Ríos Cuenca**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **Implementación del Pocket Lab ADALM1000 en la enseñanza de teoría de circuitos en Ingeniería Electromecánica** 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 trabajo de titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Autor: Manuel Geovanny Ríos Cuenca

Cédula: 1104572308

Fecha: 31 de julio de 2024

Correo electrónico: mgriosc@unl.edu.ec

Teléfono: 0967711761

Carta de autorización del trabajo de titulación por parte del autor, para la consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del trabajo completo.

Carta de autorización

Yo, **Manuel Geovanny Ríos Cuenca**; declaro ser autor del trabajo de titulación denominado: **Implementación del Pocket Lab ADALM1000 en la enseñanza de teoría de circuitos en Ingeniería Electromecánica**, como requisito para optar al grado de **Ingeniero Electromecánico**. 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 Institucional.

Los usuarios pueden consultar de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para la constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, el treinta y uno de julio de dos mil veinticuatro.



Firma:

Autor: Manuel Geovanny Ríos Cuenca

C.I: 1104572308

Dirección: Barrio San Pedro calle Nicaragua 417-67 y Uruguay

Teléfono: 0967711761

Correo electrónico: mgriosc@unl.edu.ec

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de trabajo de titulación: Ing. José Cuenca, Mg. Sc.

Dedicatoria

Con mucho cariño, dedico este importante logro a los seres que llenan mi vida de amor y motivación.

La vida es una travesía enriquecedora, donde día a día experimentamos y aprendemos cosas nuevas. En este camino, me siento verdaderamente afortunado de tener a mi lado a mi amada familia, quienes, con su apoyo incondicional han hecho posible alcanzar esta meta. A mi esposa, compañera fiel, por ser mi mayor inspiración y creer en mí incluso cuando yo dudaba. A mi pequeño hijo, motor que me impulsa a seguir superándome para brindarle un futuro prometedor. Este logro está dedicado principalmente a ustedes dos, mi mayor tesoro.

También dedico este trabajo a mi madre, mujer virtuosa y ejemplo de perseverancia, cuyos sabios consejos han guiado mis pasos. Y a todos aquellos seres queridos que, aunque no estén físicamente presentes, añoro con amor y respeto en mi corazón, pues sus enseñanzas permanecen intactas.

Gracias por acompañarme en esta travesía, animándome a crecer y nunca rendirme. Este éxito lleva impregnada la huella de sus cariños y sacrificios. Es un nuevo comienzo para seguir cultivando más sueños juntos.

Manuel Ríos

Agradecimiento

Con inmensa gratitud y cariño, quiero expresar mi más profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios, por guiar mis pasos, brindarme la sabiduría y fortaleza necesarias para alcanzar esta anhelada meta. A mi amada esposa Mady Paredes, y mi preciado hijo, Mateo Ríos, mi mayor inspiración y el motor que me impulsa a superarme cada día. Su amor incondicional, paciencia y apoyo constante han sido mi fortaleza en los momentos más desafiantes. Este logro lleva impregnada su entrega y sacrificios.

A mi querida madre, por su entrega, sabios consejos y oraciones que han iluminado mi camino. Sus enseñanzas y apoyo inquebrantable han sido claves para no desfallecer. Un agradecimiento especial a mi prima Edilma Aguirre cuya generosidad y gesto desinteresado me permitieron retomar y culminar mis estudios.

Al Ing. José Cuenca, mi director del trabajo de titulación, por su invaluable guía, consejos certeros y apoyo durante la realización de esta investigación. Su experiencia engrandeció este proyecto. Finalmente, a mis compañeros y amigos, Robert Cabrera, Franco Guaycha y Jonathan González, con quienes compartí risas, desafíos y lecciones invaluable. Gracias por su amistad sincera y por convertirse en mi familia en esta etapa crucial. Mi gratitud infinita hacia ustedes.

¡A todos, muchísimas gracias! Este logro es también suyo, pues llevan impregnada su huella indeleble.

Manuel Ríos

Índice de contenido

Certificación	iii
Autoría	iv
Carta de autorización	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice de contenido.....	viii
Índice de tablas	xii
Índice de figuras	xiii
Índice de anexos.....	xvii
1 Título	1
2 Resumen / Abstract.....	2
3 Introducción	4
4 Marco teórico	7
4.1 Capítulo I: Análisis de circuitos en corriente alterna.....	7
4.1.1 <i>Corriente alterna</i>	7
4.1.2 <i>Periodo</i>	7
4.1.3 <i>Frecuencia</i>	7
4.1.4 <i>Pulsación</i>	7
4.1.5 <i>Valor eficaz</i>	8
4.1.6 <i>Reactancia Inductiva</i>	8
4.1.7 <i>Capacitancia</i>	8
4.1.8 <i>Forma de onda sinusoidal</i>	9
4.1.9 <i>Valor pico</i>	10
4.1.10 <i>Fase de una onda seno</i>	10
4.1.11 <i>Potencia Activa</i>	11
4.1.12 <i>Potencia reactiva</i>	12
4.1.13 <i>Potencia Aparente</i>	12
4.1.14 <i>Factor de potencia</i>	13

4.1.15 Corrección del factor de potencia	13
4.1.16 Importancia de la enseñanza de circuitos eléctricos en Ingeniería Electromecánica.....	13
4.1.17 Desafíos en la enseñanza tradicional de la teoría de circuitos.....	14
4.2 Capítulo III: Pocket Lab ADALM1000 y software de vinculación	15
4.2.1 Pocket Lab ADALM1000	15
4.2.2 Diagrama de bloques del ADALM1000	15
4.2.3 Funcionalidades y características del ADALM1000	16
4.2.3.1 Funcionalidades.....	16
4.2.3.2 Características	16
4.2.4 Software de Vinculación LTspice	17
4.2.4.1 LTspice	17
4.2.4.2 Instalación e inicio	17
4.2.4.3 Creando o Abriendo un nuevo archivo esquemático	18
4.2.4.4 Configuración de tipos de señales de fuentes.....	18
4.2.4.5 Potencial DC	19
4.2.4.6 Onda senoidal.....	20
4.2.4.7 Onda cuadrada	22
4.2.4.8 Onda triangular	23
4.2.4.9 Experimento (simulación)	25
4.2.5 ALICE	27
4.2.5.1 Funciones de Alice desktop	27
4.2.5.2 Generador de funciones arbitrarias (AWG).....	28
4.2.6 Live Scripts de Matlab	30
4.2.7 Crear Live Script en Matlab	31
4.3 Capítulo IV: Diseño de Guías Prácticas de Laboratorio	34
4.3.1 Diseño de Guías Prácticas para laboratorio de circuitos eléctricos.....	34
4.3.1.1 Circuitos Eléctricos I	34
4.3.1.2 Circuitos Eléctricos II	35
5 Metodología	36
5.1 Equipos y materiales	36
5.1.1 Equipos.....	36
5.1.2 Materiales	36
5.2 Procedimiento	36
5.2.1 Primer objetivo.....	36
5.2.2 Segundo objetivo.....	49
5.2.3 Tercer objetivo	54

6 Resultados	60
6.1 Resultados de la práctica 1	60
6.1.1 Cálculos teóricos:.....	60
6.1.1.1 Descripción del procedimiento:	60
6.1.1.2 Análisis teórico del circuito:	62
6.1.2 Análisis del Circuito en LTspice:.....	64
6.1.3 Análisis del circuito en ADALM1000.....	66
6.1.4 Análisis de prueba error	68
6.2 Resultados de la práctica 2	70
6.2.1 Instrucciones para el circuito RC	70
6.2.2 Configuración del Osciloscopio ADALM1000:	70
6.2.3 Actividades a desarrollar:.....	73
6.2.4 Desarrollo:.....	73
6.2.5 Análisis de señales extraídas del Pocket Lab ADALM1000 circuito RC:.....	75
6.2.5.1 Graficar voltaje CAV vs Tiempo:	75
6.2.5.2 Graficar voltaje CAI vs Tiempo:	76
6.2.5.3 Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo:	77
6.2.5.4 Graficar Voltaje CBV vs Tiempo:.....	78
6.2.5.5 Graficar voltajes CAV y CBV vs Tiempo:	79
6.3 Resultados de la práctica 3:	81
6.3.1 Instrucciones para el circuito RL:.....	81
6.3.2 Actividades a desarrollar:.....	81
6.3.3 Medición de la resistencia interna del inductor:	82
6.3.4 Datos obtenidos por el Osciloscopio:	83
6.3.5 Representación de las variables extraídas en ADALM1000 circuito RL:.....	86
6.3.5.1 Graficar voltaje CAV vs Tiempo:	87
6.3.5.2 Graficar corriente CAI vs Tiempo:	88
6.3.5.3 Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo:	89
6.3.5.4 Graficar voltaje CBV vs Tiempo:	90
6.3.5.5 Graficar voltajes CAV y CBV vs Tiempo:	91
6.3.6 Variables extraídas con Capacitor de 2.2 μ F:	92
6.3.6.1 Graficar voltaje CAV vs Tiempo (Capacitor 2.2 μ F):	93
6.3.6.2 Graficar corriente CAI vs Tiempo (Capacitor 2.2 μ F):	94
6.3.6.3 Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo (Capacitor 2.2 μ F):	95
6.3.6.4 Graficar voltaje CBV vs Tiempo (Capacitor 2.2 μ F):.....	96
7 Discusión	98

8 Conclusiones.....	100
9 Recomendaciones	101
10 Bibliografía	102
11 Anexos.....	105
11.1 Anexo 1. Sílabos de la asignatura de circuitos eléctricos I	105
11.2 Anexo 2. Sílabo de la asignatura de circuitos eléctricos II	109
11.3 Anexo 3. Guía de práctica de laboratorio N1.	115
11.4 Anexo 4. Guía de práctica de laboratorio N2.	136
11.5 Anexo 5. Guía de práctica de laboratorio N3	162

Índice de tablas

Tabla 1. Características del ADALM1000.	17
Tabla 2. Múltiplos y submúltiplos en LTspice.	18
Tabla 3. Configuración del Generador de Funciones Arbitrarias (AWG).	28
Tabla 4. Tabla de configuración de osciloscopio de Alice.	29
Tabla 5. Especificaciones técnicas Pocket Lab ADALM1000.	39
Tabla 6. Descripción de comandos de barra de herramientas en LTspice.	43
Tabla 7. Distribución de las prácticas.	50

Índice de figuras

Figura 1. Periodo de una onda.	7
Figura 2. Símbolo para una fuente sinusoidal.	9
Figura 3. Gráfica de un ciclo de una onda seno.	10
Figura 4. Valores pico.	10
Figura 5. Referencia de fase.	11
Figura 6. Ilustración de un desplazamiento de fase.	11
Figura 7. Triangulo de potencias.	13
Figura 8. Pocket Lab ADAL1000.	15
Figura 9. Diagrama de bloques ADALM1000.	16
Figura 10. Ventana inicial de LTspice.	18
Figura 11. Configuración de las señales de una fuente de tensión.	19
Figura 12. Fuente de tensión continua (DC).	20
Figura 13. Señal de la fuente de tensión continua (DC).	20
Figura 14. Configuración de una señal senoidal en una fuente de tensión.	20
Figura 15. Fuente de tensión sinusoidal: Configuración de amplitud y frecuencia.	21
Figura 16. Señal de fuente sinusoidal: amplitud, nivel medio y periodo.	21
Figura 17. Configuración de una señal de onda cuadrada en una fuente de tensión.	22
Figura 18. Configuración de una fuente de tensión de onda cuadrada.	23
Figura 19. Señal de tensión de onda cuadrada.	23
Figura 20. Señal de tensión de onda triangular.	24
Figura 21. Configuración de una señal de onda cuadrada en una fuente de tensión.	24
Figura 22. Circuito resistivo con fuente senoidal.	25
Figura 23. Configuración de Valor para Resistencia R1.	25
Figura 24. Configuración de fuente de voltaje independiente.	26
Figura 25. Panel de Configuración de Análisis Transitorio en LTspice.	26
Figura 26. Visualización de Resultados de Simulación.	26
Figura 27. Formas de onda de corriente en resistencias R1, R2 y R4.	27
Figura 28 Voltajes entre R2 y R3 en Análisis Transitorio.	27
Figura 29. Ventana de controles AGW.	29
Figura 30 Botones del menú superior.	29
Figura 31. Nuevo Live Script.	31
Figura 32. Entorno de trabajo Matlab.	32
Figura 33. Agregar código.	32
Figura 34. Muestra de salida.	34
Figura 35. Conector de 8 Canales del ADALM1000 y diagrama funcional.	40
Figura 36. Diagrama de bloques ADALM1000.	41
Figura 37. Pines de salida digital ADALM1000.	41

Figura 38. Enlace para descargar LTspice.	42
Figura 39. Barra de herramientas LTspice.	42
Figura 40. Instalador Libsmu 1.0.4.	44
Figura 41. Instalador de Alice desktop.	44
Figura 42. Osciloscopio de Alice.	45
Figura 43. Diagrama de flujo Osciloscopio de Alice.	45
Figura 44. Pantalla de control de trazas matemáticas.	46
Figura 45. Generador de forma de Onda arbitraria AGW.	47
Figura 46. Alice M1k Meter Source.	47
Figura 47. Alice Ohm Meter.	47
Figura 48. Configuración del Osciloscopio de Alice.	53
Figura 49. Configuración del generador de señales AWG.	54
Figura 50. Flujograma para el desarrollo del trabajo de titulación.	59
Figura 51. Código para mostrar el esquema del circuito.	60
Figura 52. Esquema inicial del circuito.	60
Figura 53. Implementación del circuito en LTspice.	60
Figura 54. Montaje del circuito en Protoboard y conexión al ADALM1000.	61
Figura 55. Conexión del Protoboard al ADALM1000 para mediciones.	61
Figura 56. Medición de resistencias con ADALM1000.	62
Figura 57. Código para la definición de valores de resistencias y fuente de voltaje.	63
Figura 58. Resolución de ecuaciones por matrices.	63
Figura 59. Resultados de ecuaciones por matrices.	64
Figura 60. Cálculo de voltajes por ley de Ohm.	64
Figura 61. Mostrar resultados del cálculo de voltajes por ley de Ohm.	64
Figura 62. Esquema del circuito con resistencias reales en LTspice.	64
Figura 63. Resultados de la simulación LTspice mediante punto de operación.	65
Figura 64. Representación de voltajes y corrientes determinados en LTspice.	65
Figura 65. Tabla comparativa entre cálculos teóricos y simulación LTspice.	66
Figura 66. Medición de corrientes con ADALM1000.	66
Figura 67. Corrientes I1 e I2 con ADALM1000.	67
Figura 68. Resultados de voltajes medidos con ADALM1000.	67
Figura 69. Obtención de voltajes y corrientes utilizando ley de Ohm.	68
Figura 70. Resultados de voltajes y corrientes con ADALM1000.	68
Figura 71. Comparación entre simulación y experimentación con ADALM1000.	68
Figura 72. Cálculo de errores porcentuales de voltajes y corrientes.	69
Figura 73. Errores porcentuales de voltaje y corriente.	69
Figura 74. Diagrama esquemático del circuito RC en LTspice.	70
Figura 75. Circuito RC en Protoboard con ADALM1000.	70

Figura 76. Compensación en el osciloscopio.	71
Figura 77. Configuración de escala vertical en el osciloscopio.	71
Figura 78. Configuración del generador de señales AWG.	71
Figura 79. Configuración de la visualización de curvas.	71
Figura 80. Configuración del disipador.	71
Figura 81. Configuración del menú desplegable matemática.	72
Figura 82. Configuración del desplegable Meas CA.	72
Figura 83. Configuración del desplegable Meas CB.	72
Figura 84. Configuración de Hold off.	73
Figura 85. Configuración de la escala vertical.	73
Figura 86. Voltajes y Corrientes en Osciloscopio Alice RC.	73
Figura 87. Parámetros iniciales del circuito RC.	73
Figura 88. Datos registrados en el Osciloscopio Alice RC.	73
Figura 89. Cálculo de la potencia real RC.	74
Figura 90. Cálculo de la potencia reactiva RC.	74
Figura 91. Cálculo de la potencia aparente RC.	74
Figura 92. Cálculo del factor de potencia RC.	74
Figura 93. Cálculo del ángulo de desfase RC.	74
Figura 94. Código para extracción y procesamiento de datos del ADALM1000.	75
Figura 95. Código para representar voltaje CAV vs Tiempo.	76
Figura 96. Representación del voltaje CAV vs Tiempo.	76
Figura 97. Código para representar voltaje CAI vs Tiempo.	77
Figura 98. Representación de voltaje CAI vs Tiempo.	77
Figura 99. Código para representar CAV y CAI vs Tiempo.	78
Figura 100. Representación de voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo.	78
Figura 101. Código para representar voltaje CBV vs Tiempo.	79
Figura 102. Representación de voltaje CBV vs Tiempo.	79
Figura 103. Código para representar voltajes CAV y CBV vs tiempo.	80
Figura 104. Representación de voltajes CAV y CBV vs Tiempo.	80
Figura 105. Diagrama esquemático del circuito RL.	81
Figura 106. Montaje Experimental del Circuito RL.	81
Figura 107. Voltajes y Corrientes en Osciloscopio Alice RL.	82
Figura 108. Parámetros iniciales del circuito RL.	82
Figura 109. Configuración para mediciones de impedancia.	82
Figura 110. Medición de resistencia interna inductores.	83
Figura 111. Datos registrados en el Osciloscopio Alice RL.	83
Figura 112. Cálculos preliminares del circuito RL.	83
Figura 113. Cálculo de la potencia real RL.	83

Figura 114. Cálculo de la potencia reactiva RL.....	84
Figura 115. Cálculo de la potencia aparente RL.	84
Figura 116. Cálculo del factor de potencia RL.	84
Figura 117. Cálculo del ángulo de desfase RL.....	84
Figura 118. Cálculo de capacitancia necesaria.....	84
Figura 119. Resultados de capacitancia requerida.	84
Figura 120. Voltajes y corrientes con capacitor de 2.2uF.....	85
Figura 121. Parámetros iniciales con capacitor de 2.2uF.....	85
Figura 122. Mediciones registradas con capacitor de 2.2uF.	85
Figura 123. Cálculo de parámetros de compensación.....	85
Figura 124. Resultados finales de la compensación.	85
Figura 125. Potencia Real (P2).	86
Figura 126. Potencia Aparente (S2).....	86
Figura 127. Potencia Reactiva (Q2).	86
Figura 128. Factor de potencia mejorado (fp2).....	86
Figura 129. Ángulo de desfase final (ϑ_2).....	86
Figura 107. Código para extracción y procesamiento de datos del ADALM1000.....	87
Figura 108. Código para representar Voltaje CAV vs tiempo.	88
Figura 109. Representación del voltaje CAV vs Tiempo.....	88
Figura 110. Código para representar corriente CAI vs Tiempo.....	89
Figura 111. Representación de corriente CAI vs Tiempo.	89
Figura 112. Código para representar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo.....	90
Figura 113. Representación de corriente CAI vs tiempo.	90
Figura 114. Código para representar voltaje CBV vs Tiempo.	91
Figura 115. Representación de voltajes CAV y CBV vs tiempo.	91
Figura 116. Código para representar voltajes CAV y CBV vs Tiempo.	92
Figura 117. Representación de voltajes CAV y CBV vs Tiempo.	92
Figura 131. Código para extraer las variables.....	92
Figura 132. Código para representar el Voltaje CAV vs tiempo con capacitor.	93
Figura 133. Representación del Voltaje CAV vs tiempo con capacitor.	93
Figura 134. Código para representar el corriente CAI vs Tiempo con capacitor.	94
Figura 135. Representación del corriente CAI vs Tiempo con capacitor.....	95
Figura 136 Codido para representar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo con capacitor.	96
Figura 137. Representación de Voltajes CAV y CBV vs tiempo con capacitor.	96
Figura 138. Código para representar voltaje CBV vs Tiempo con capacitor.....	97
Figura 139. Representación de voltaje voltaje CBV vs Tiempo con capacitor	97

Índice de anexos

11.1 Anexo 1. Sílabos de la asignatura de circuitos eléctricos I	105
11.2 Anexo 2. Sílabo de la asignatura de circuitos eléctricos II	109
11.3 Anexo 3. Guía de práctica de laboratorio N1.	115
11.4 Anexo 4. Guía de práctica de laboratorio N2.	136
11.5 Anexo 5. Guía de práctica de laboratorio N3	162

SIMBOLOGÍA

LETRAS Y SÍMBOLOS

- P - Potencia real [W]
- Q - Potencia reactiva [VAR]
- S - Potencia aparente [VA]
- V - Voltaje [V]
- I - Corriente [A]
- Z - Impedancia [Ω]
- R - Resistencia [Ω]
- L - Inductancia [H]
- C - Capacitancia [F]
- f - Frecuencia [Hz]
- fp - Factor de potencia

SÍMBOLOS GRIEGOS

- θ - Ángulo de desfase entre voltaje y corriente
- Ω - Ohm, unidad de impedancia
- Δ - Variación de una magnitud

SUBÍNDICES

- rms - Valor eficaz (Root Mean Square)
- L - Inductancia
- C - Capacitancia
- eq - Equivalente

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

- XL - Reactancia inductiva
- XC - Reactancia capacitiva
- Vrms - Voltaje eficaz
- Irms - Corriente eficaz
- ADALM1000 - Dispositivo de medición
- AIN / BIN – Medición de señales
- CHA / CHB – Generación de señales
- LTspice – Software de simulación de circuitos
- Alice- Software interfaz para ADALM1000

1 Título

Implementación del Pocket Lab ADALM1000 en la enseñanza de teoría de circuitos
en Ingeniería Electromecánica

2 Resumen / Abstract

La presente investigación surge de la necesidad de evaluar e implementar el Pocket Lab ADALM1000 y sus complementos como herramienta pedagógica para la enseñanza de la teoría de circuitos eléctricos en la carrera de Ingeniería Electromecánica. El estudio se enfoca en identificar y establecer los requerimientos para la elaboración y adaptación de guías prácticas, con el objetivo de proponer una metodología que combine cálculos teóricos, simulación, análisis y mejora del factor de potencia, y experimentación, aplicada al estudio de circuitos eléctricos.

La metodología comprendió inicialmente la investigación bibliográfica de las funcionalidades del Pocket Lab ADALM1000 y sus complementos. La segunda fase consistió en establecer los requerimientos para elaborar las guías, tomando como referencia el modelo de prácticas del laboratorio de taller eléctrico y adaptándolo a esta herramienta. La tercera fase incluyó el desarrollo de guías en formato Live Scripts de MATLAB, incorporando conceptos fundamentales de circuitos de corriente continua y alterna.

Las guías se complementan con herramientas de simulación y experimentación, como LTspice, Alice y MATLAB, proporcionando un entorno de aprendizaje intuitivo. Su implementación busca fortalecer los conocimientos teóricos y desarrollar habilidades técnicas y analíticas esenciales para el desempeño profesional.

Palabras clave: "Guías para prácticas de laboratorio de circuitos eléctricos", Pocket Lab ADALM1000, "Simulador de circuitos eléctricos LTspice".

Abstract

This research arises from the need to evaluate and implement the Pocket Lab ADALM1000 and its components as a pedagogical tool for teaching the theory of electrical circuits in the Electromechanical Engineering program. The study focuses on identifying and establishing the requirements for the development and adaptation of practical guides, with the aim of proposing a methodology that combines theoretical calculations, simulation, power factor analysis and improvement, and experimentation, applied to the study of electrical circuits.

The methodology initially involved a bibliographic review of the functionalities of the Pocket Lab ADALM1000 and its components. The second phase consisted of establishing the requirements for developing the guides, using as a reference the existing laboratory practices model and adapting it to this tool. The third phase included the development of guides in Live Scripts format using MATLAB, incorporating fundamental concepts of DC and AC circuits.

The guides are complemented with simulation and experimentation tools, such as LTspice, Alice, and MATLAB, providing an intuitive learning environment. Their implementation aims to strengthen theoretical knowledge and develop technical and analytical skills essential for professional performance.

Keywords: "Guides for Electrical Circuit Laboratory Practices", Pocket Lab ADALM1000, "Electrical Circuit Simulator LTspice".

3 Introducción

La enseñanza de la teoría de circuitos eléctricos es un pilar fundamental en la formación de ingenieros electromecánicos, ya que proporciona las bases teóricas y prácticas esenciales para el análisis y diseño de sistemas eléctricos y electrónicos. En este contexto, la asignatura de Circuitos Eléctricos juega un rol crucial al permitir a los estudiantes comprender y aplicar leyes, principios y métodos de análisis de circuitos (Pérez Martínez et al., 2023). No obstante, uno de los principales desafíos en la enseñanza de esta disciplina radica en lograr una integración efectiva entre la teoría y la práctica experimental dentro del proceso de aprendizaje.

Actualmente, la Educación Superior atraviesa un proceso de transformación curricular que enfatiza el fortalecimiento de la formación de base y la incorporación de herramientas tecnológicas modernas en las prácticas de laboratorio (Pérez Martínez et al., 2023). La evolución de los programas de simulación de circuitos eléctricos ha sido clave para mejorar la comprensión y aplicación de conceptos teóricos. Desde la introducción de SPICE hasta el uso de herramientas basadas en lenguajes de programación como MATLAB y Simulink, estos avances han permitido a los estudiantes experimentar con principios fundamentales de la ingeniería, potenciando su aprendizaje teórico y práctico.

En este marco, la implementación del Pocket Lab ADALM1000 se presenta como una alternativa innovadora para optimizar la enseñanza de circuitos eléctricos en la carrera de Ingeniería Electromecánica. Este dispositivo de hardware y software de código abierto ofrece una solución portátil y accesible, integrando funcionalidades de simulación y experimentación práctica. Su utilización permite a los estudiantes realizar mediciones, análisis y diseño de circuitos de manera interactiva y dinámica. Además, la combinación del Pocket Lab ADALM1000 con herramientas como LTspice, Alice y MATLAB enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje, promoviendo la comprensión de conceptos teóricos, el desarrollo de habilidades prácticas y fomentando un aprendizaje activo y colaborativo.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo evaluar e implementar el Pocket Lab ADALM1000 y sus complementos a través del diseño y desarrollo de guías prácticas en formato interactivo (Live Scripts). Estas guías buscan mejorar la enseñanza de la teoría de circuitos eléctricos en la Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja. La investigación se enmarca en la línea de "Industria, innovación y desarrollo tecnológico", alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: Educación de Calidad (Naciones Unidas, 2015).

En cuanto a su alcance, este estudio se enfocará en la implementación del Pocket Lab ADALM1000 en la enseñanza de Circuitos Eléctricos I y II dentro de la carrera de Ingeniería

Electromecánica. Se desarrollarán guías prácticas de diversos tipos, incluyendo aquellas centradas en conceptos teóricos, simulaciones con LTspice y Alice, y actividades interactivas en formato Live Scripts de MATLAB. Estas guías estarán diseñadas para ser utilizadas por los estudiantes de la carrera, considerando sus conocimientos previos y los recursos disponibles en la universidad.

Es importante reconocer algunas limitaciones del presente estudio. Si bien el enfoque se centra en el uso del Pocket Lab ADALM1000 y sus complementos, sin considerar otras herramientas o dispositivos, este sistema tiene un amplio potencial de aplicación más allá de las prácticas de Circuitos Eléctricos I y II. Se espera que esta investigación sirva como punto de partida para futuras iniciativas que exploren nuevas aplicaciones del dispositivo en otras áreas de la ingeniería.

Finalmente, se prevé que los docentes responsables de la materia puedan incorporar las guías desarrolladas en sus metodologías de enseñanza, promoviendo un aprendizaje más interactivo y alejado de los enfoques tradicionales. Con base en las prácticas de laboratorio existentes, se desarrollarán nuevas experiencias en formato Live Scripts, con el objetivo de integrar teoría y práctica mediante la implementación del Pocket Lab ADALM1000, brindando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más dinámica e inmersiva aprovechando las ventajas de las tecnologías modernas.

Objetivo general.

Evaluar e implementar el Pocket Lab ADALM1000 y sus complementos mediante guías prácticas como herramienta pedagógica para la enseñanza de teoría de circuitos eléctricos en la Ingeniería Electromecánica.

Objetivos específicos.

- Realizar la investigación bibliográfica de las funcionalidades tanto del software como del hardware vinculado al Pocket Lab ADALM1000 para el análisis de la teoría de circuitos eléctricos.
- Identificar y establecer los requerimientos para elaborar guías prácticas basadas en la teoría de circuitos utilizando el Pocket Lab adalm1000 y sus complementos.
- Desarrollar guías prácticas en formato de documentos interactivos, conocidos como Live Scripts, que faciliten el análisis y la validación de la teoría de circuitos con datos simulados y experimentales.

4 Marco teórico

4.1 Capítulo I: Análisis de circuitos en corriente alterna

4.1.1 Corriente alterna

Según Floyd (2007), la corriente alterna es una corriente eléctrica que invierte su dirección periódicamente. A diferencia de la corriente continua (CC), que fluye en una sola dirección, la corriente alterna (CA) varía en magnitud y dirección, generalmente en una forma de onda senoidal. Esta característica permite la transmisión eficiente de energía eléctrica a largas distancias, lo cual es una ventaja significativa de la corriente alterna.

4.1.2 Periodo

Es el tiempo (T), en segundos, que ha de transcurrir para que una determinada magnitud eléctrica, tome todos los valores de un ciclo (Azofra et al., 2011, p. 17).

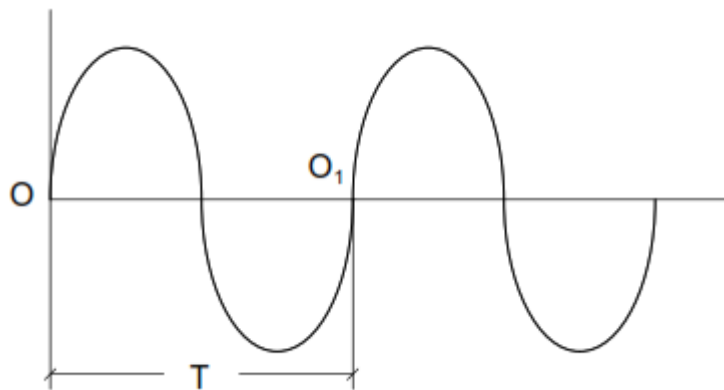


Figura 1. Periodo de una onda.

Fuente: Azofra et al. (2011).

4.1.3 Frecuencia

Es el número de ciclos que se repiten en un segundo. Se define por:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Donde:

F Es la frecuencia que se mide en hercios (Hz).

T Periodo en segundos (s).

4.1.4 Pulsación

Es el cociente entre el ángulo que abarca un ciclo expresado en radianes (2π), y el tiempo empleado en recorrerlo, que es el periodo (T). Se define por:

$$\omega = \frac{2\pi f}{T} = 2\pi f \quad (2)$$

Donde:

- ω Pulsación (en rad/s).
- T Periodo, en segundos (s).
- f Frecuencia en hercios (Hz).

4.1.5 Valor eficaz

El valor eficaz o V_{RMS} se obtiene al dividir por la raíz de dos el valor máximo de la magnitud correspondiente, tensión o corriente (I_{RMS}) ver ecuación (3) y (4) (Azofra & Azofra, 2011, p. 19).

$$V_{RMS} = \frac{V}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Donde:

- V_{RMS} Valor eficaz o RMS, en voltios (V).
- V Valor máximo de la tensión, en voltios (V)

$$I_{RMS} = \frac{I}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Donde:

- I_{RMS} Valor eficaz o RMS, de la corriente en Amperios (A).
- I Valor máximo de la corriente (A).

4.1.6 Reactancia Inductiva

La expresión X_L se la conoce como reactancia inductiva y se define por:

$$X_L = 2\pi fL \quad (5)$$

Donde:

- X_L Reactancia inductiva, se mide en ohms (Ω).
- L Coeficiente de autoinducción de la reactancia, en Henrios (H).

4.1.7 Capacitancia

La expresión X_C se la conoce como reactancia capacitiva y se define por:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (6)$$

Donde:

- X_C Reactancia capacitiva, se mide en ohms (Ω).
- f Frecuencia en Hercios (Hz).
- C Capacidad del capacitor, se mide en Faradios (F)

4.1.8 Forma de onda sinusoidal

Según Floyd (2007), la forma de onda senoidal, también conocida como onda seno o senoide, es la representación fundamental de la corriente alterna (CA) y el voltaje alterno. Esta forma de onda se caracteriza por su variación suave y periódica, repitiendo su patrón de manera cíclica. La importancia de la forma de onda senoidal radica en su presencia en los sistemas de distribución de energía eléctrica proporcionados por las compañías eléctricas. Tanto el voltaje como la corriente suministrada siguen este patrón senoidal, lo que facilita la transmisión y distribución eficiente de la energía.

Según Floyd (2007), dos tipos de fuentes producen voltajes sinusoidales: las máquinas eléctricas rotatorias (generadores de CA) y los circuitos osciladores electrónicos, utilizados en instrumentos conocidos como generadores de señales electrónicas. La **Figura 2** muestra el símbolo utilizado para representar cualquier fuente de voltaje sinusoidal, mientras que la **Figura 3** es una gráfica que muestra la forma general de una onda seno, ya sea de corriente alterna o voltaje alterno, donde el voltaje (o la corriente) se representa en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal.



Figura 2. Símbolo para una fuente sinusoidal.

Fuente: Floyd (2007).

Considere la tensión senoidal

$$v(t) = V_m \text{sen} \omega t \quad (7)$$

Donde

- V_m Amplitud de la senoide en voltios (V).
- ω Frecuencia angular en radianes/s.
- ωt Argumento de la senoide.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (8)$$

T se llama periodo de la senoide

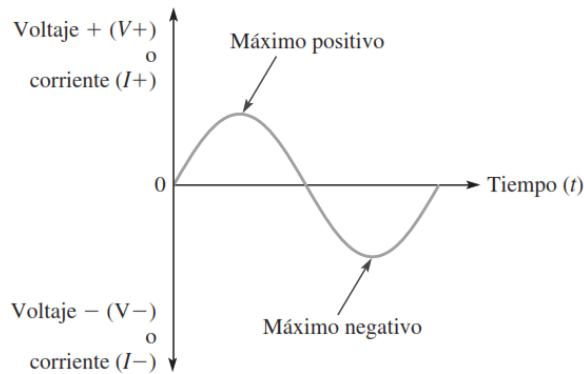


Figura 3. Gráfica de un ciclo de una onda seno.

Fuente: Floyd (2007).

4.1.9 Valor pico

Según Floyd (2007), el valor pico de una onda seno es el valor de voltaje (o corriente) en el punto máximo (pico) positivo o negativo con respecto a cero. Como los valores pico positivos y negativos son iguales en magnitud, una onda seno se caracteriza por un solo valor pico. Esto se ilustra en la **Figura 4**. Para una onda seno dada, el valor pico es constante y está representado por V_p o I_p .

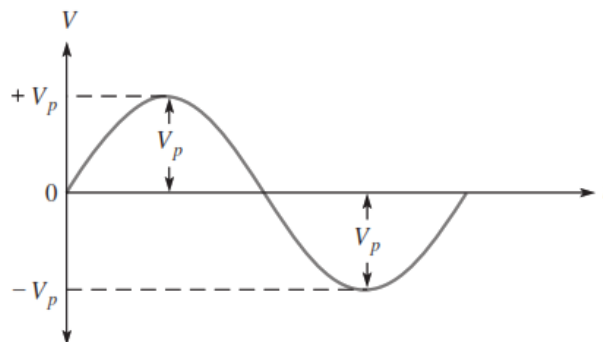


Figura 4. Valores pico.

Fuente: Floyd (2007).

4.1.10 Fase de una onda seno

Según Floyd (2007), la fase de una onda sinusoidal se refiere a una medida angular que indica la posición de la onda en relación con una referencia. En la **Figura 5** se muestra un ciclo de una onda senoidal utilizado como referencia. Se observa que el primer cruce positivo del eje horizontal (cruce por cero) ocurre a 0 grados (0 radianes), y el pico positivo se encuentra en 90 grados ($\pi/2$ radianes). El cruce por cero negativo está a 180 grados (π radianes), y el pico negativo se encuentra en 270 grados ($3\pi/2$ radianes). Un ciclo completo abarca 360 grados (2π radianes). Cuando la onda senoidal se desplaza hacia la izquierda o la derecha con respecto a esta referencia, se produce un desplazamiento de fase.

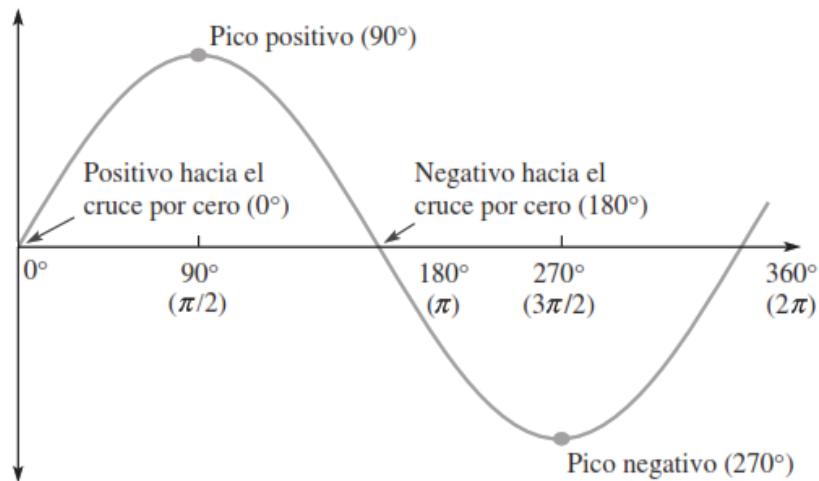


Figura 5. Referencia de fase.

Fuente: Floyd (2007).

Según Floyd (2007), la **Figura 6** ilustra desplazamientos de fase de una onda seno. En la parte (a), la onda seno B se desplazó hacia la derecha en 90° ($\pi/2$ rad) con respecto a la onda seno A. Por tanto, hay un ángulo de fase de 90° entre la onda seno A y la onda seno B. En función del tiempo, el pico positivo de la onda seno B ocurre después que el pico positivo de la onda seno A porque el tiempo se incrementa hacia la derecha a lo largo del eje horizontal. En este caso, se dice que la onda seno B está retrasada con respecto a la onda seno A en 90° o $\pi/2$ radianes. Expresado de otra manera, la onda seno A va 90° adelante de la onda seno B.

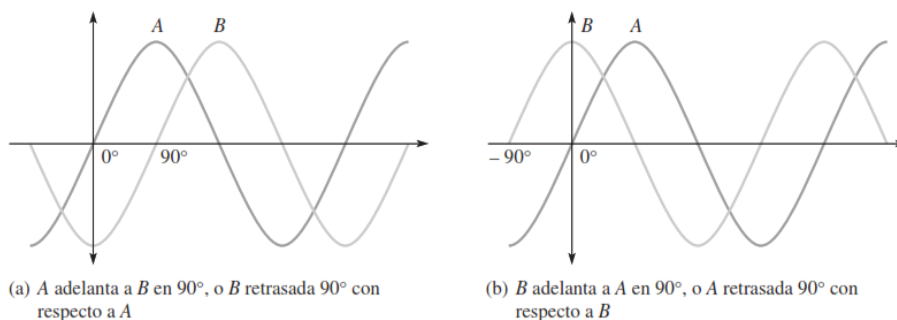


Figura 6. Ilustración de un desplazamiento de fase.

Fuente: Floyd (2007).

4.1.11 Potencia Activa

Según Azofra et al. (2011), en circuitos eléctricos, la **potencia activa** (también conocida como **potencia real**) es la potencia que se utiliza para realizar trabajo útil, como la iluminación, el calentamiento o el accionamiento de motores. Se mide en vatios (W) y es la potencia que realmente se consume y convierte en energía útil. Se define por las siguientes ecuaciones:

Potencia general para circuitos RC, RL:

$$P = V_{RMS} * I_{RMS} \quad (9)$$

En términos del Voltaje en la Resistencia:

$$P = V_R * I_{RMS} \quad (10)$$

$$P = \frac{V_R^2}{R} \quad (11)$$

En términos de la Corriente y la Resistencia:

$$P = I_{RMS}^2 * R \quad (12)$$

En términos del ángulo de desfase:

Donde:

P Potencia activa en miliWatt (mW).

V_R Voltaje en el resistor en Voltios (V).

I_{RMS} Corriente RMS a través del circuito miliAmperios (A).

4.1.12 Potencia reactiva

Según Azofra et al. (2011), en circuitos eléctricos, la **potencia reactiva** es la potencia que no produce trabajo útil, sino que está asociada con el almacenamiento y la liberación de energía en componentes reactivos como inductores y capacitores. Esta potencia es responsable de la energía que circula entre los componentes reactivos del circuito sin ser convertida en trabajo útil. Se puede definir por las siguientes fórmulas:

$$Q = V_C * I_{RMS} \quad (13)$$

Donde:

V_C Voltaje en el capacitor en voltios (V).

Q Potencia reactiva en voltamperios-reactivos (VA)

I_{RMS} Corriente RMS a través del circuito en amperios (A).

4.1.13 Potencia Aparente

Según Naula & Revelo (2018), la potencia aparente (S) está relacionada con la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q) mediante el triángulo de potencias ver **Figura 7**. La relación se expresa con la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (14)$$

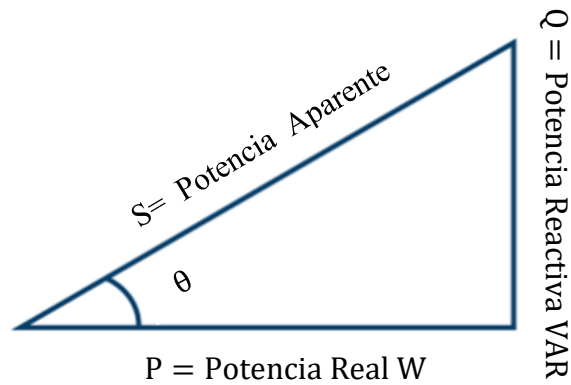


Figura 7. Triangulo de potencias.

Fuente: Naula & Revelo (2018).

Utilizando la geometría, S se puede calcular mediante:

4.1.14 Factor de potencia

Según Naula & Revelo (2018), el factor de potencia en un sistema de corriente alterna en régimen permanente es la proporción entre la energía utilizada para realizar trabajo útil (energía disipada) y la energía total presente en el sistema, que incluye también la energía almacenada en los componentes reactivos. El factor de potencia (fp) se define como la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S).

$$f_p = \cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{VI} \quad (15)$$

4.1.15 Corrección del factor de potencia

Azofra & Azofra (2011) mencionan que para mejorar el factor de potencia (fp) o coseno del ángulo de desfase en una instalación, se debe instalar dispositivos que suministren potencia reactiva de signo contrario a la potencia reactiva que demandan los receptores instalados, estos dispositivos como condensadores tienen una potencia activa consumida que se considera despreciable.

En la presente investigación para mejorar el factor de potencia se asume un fp de 0.9. Basándose en el triángulo de potencia se determinó el condensador adecuado para mejorar el factor de potencia en un rango entre 0.7 a 0.9. Después de calcular el condensador se hizo un análisis y toma de datos conocidos mediante el Osciloscopio de Alice, determinando la mejora del factor de potencia en el rango deseado.

4.1.16 Importancia de la enseñanza de circuitos eléctricos en Ingeniería Electromecánica

De acuerdo con Pérez Martínez et al. (2022), el aprendizaje de circuitos eléctricos es fundamental en la formación de ingenieros electromecánicos, ya que desarrolla tantos conocimientos teóricos, habilidades prácticas que son clave para su desempeño profesional. A través de asignaturas como circuitos eléctricos I, II y III, los estudiantes adquieren

conocimientos para analizar circuitos en estado estable, corriente alterna, sistemas monofásicos y trifásicos, entre otros conceptos esenciales. Estas materias también sirven como base para abordar otras disciplinas técnicas de la carrera.

Sin embargo, Pérez Martínez et al. (2022) señalan que algunos planes de estudio no priorizan adecuadamente las prácticas de laboratorio, lo que puede dificultar el aprendizaje práctico. Estas actividades son esenciales para que los estudiantes apliquen lo aprendido y refuercen su comprensión en contextos reales.

La Universidad Nacional de Loja (2023) resalta que la carrera de Ingeniería Electromecánica combina teoría y práctica en proyectos que generan impacto en comunidades rurales. Además, cuenta con modernos laboratorios, como el de circuitos eléctricos, donde los estudiantes pueden poner en práctica lo aprendido y fortalecer sus habilidades técnicas. Este espacio será central para el desarrollo de la presente investigación.

4.1.17 Desafíos en la enseñanza tradicional de la teoría de circuitos

Según Pérez Martínez et al. (2023), uno de los principales retos en la enseñanza tradicional de circuitos eléctricos radica en la necesidad de integrar tecnologías innovadoras para mejorar el proceso de aprendizaje. Los autores proponen como solución el uso de software libre en las prácticas de laboratorio, lo que permitiría a los estudiantes interactuar con herramientas tecnológicas que simplifican la comprensión de conceptos teóricos y prácticos. Esto no solo fomentaría un aprendizaje más personalizado y colaborativo, sino que también promovería la autorregulación en los estudiantes.

Con este panorama, el presente estudio evalúa el uso del Pocket Lab ADALM1000 como una herramienta pedagógica para la enseñanza de la teoría de circuitos eléctricos en Ingeniería Electromecánica. Según Madristsch et al. (2017), destacan el uso de los Pocket Lab como una herramienta para aumentar la calidad del aprendizaje y la enseñanza en las asignaturas de ingeniería. Sin embargo, la implementación en cursos de circuitos eléctricos en el ámbito nacional aún no ha sido explorada. Ante esta brecha, la investigación busca establecer una base para futuras aplicaciones del Pocket Lab ADALM1000 en educación, con la expectativa de que se convierta en un referente en este campo.

La pregunta general que guiará este proyecto es: ¿Cómo puede el Pocket Lab ADALM1000 y sus complementos ser evaluado e implementado como una herramienta pedagógica efectiva para la enseñanza de teoría de circuitos eléctricos en Ingeniería Electromecánica?

Para responder la pregunta el Pocket Lab ADALM1000 puede implementarse como una herramienta efectiva para facilitar la aplicación de prácticas de laboratorio que integren

simulaciones y experimentaciones. Su capacidad para analizar circuitos eléctricos em corriente alterna y corriente continua permite un aprendizaje más claro y preciso. Además, la exportación de datos a Matlab simplifica el análisis teórico y experimental, cerrando la brecha entre teoría y práctica, y promoviendo un aprendizaje técnico más aplicado en Ingeniería Electromecánica.

Los avances tecnológicos han transformado la educación en ingeniería electromecánica, abriendo nuevas posibilidades para mejorar la enseñanza y el aprendizaje. Pérez Martínez et al. (2023), destacan que el uso de software como Pocket Lab y software de simulación de uso libre en prácticas de laboratorio permite a los estudiantes arquirir habilidades en el manejo de herramientas informáticas aplicadas a la Ingeniería, fundamentales para su desempeño profesional.

4.2 Capítulo III: Pocket Lab ADALM1000 y software de vinculación

4.2.1 Pocket Lab ADALM1000

Según Analog Devices (2021), el Pocket Lab ADALM1000 es un dispositivo portátil que combina las funciones de un osciloscopio y un generador de señales analógicas de dos canales, permite generar, medir y visualizar señales analógicas a través del Alice M1k Osciloscopio mediante la conexión a puerto USB mediante cualquier computador que tenga el programa instalado ver **Figura 8**.



Figura 8. Pocket Lab ADAL1000.

Fuente: Analog Devices & Mercer (2021).

4.2.2 Diagrama de bloques del ADALM1000

Aplicación en un Circuito RC:

- **Canal A (CHA):** Mide el voltaje a través del condensador. Permite observar el comportamiento del voltaje en el condensador a medida que se carga o descarga.

- **Canal B (CHB):** Mide el voltaje a través del resistor. Permite observar la caída de voltaje en el resistor y calcular la corriente en el circuito usando la ley de Ohm.

Canales de Entrada (AIN y BIN):

- **Función:** En corriente continua, estos canales actúan como las puntas de un multímetro, permitiendo la medición de voltajes en distintos puntos del circuito.

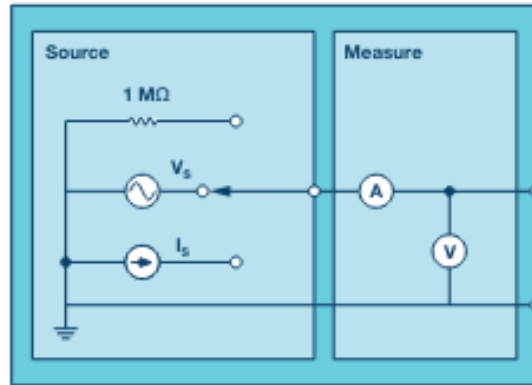


Figura 9. Diagrama de bloques ADALM1000.

Fuente: Analog Devices (2015).

4.2.3 Funcionalidades y características del ADALM1000

4.2.3.1 Funcionalidades

- **Osciloscopio virtual Alice:** Permite visualizar diferentes formas de onda.
- **Generación de señales** en corriente alterna y continua.
- **Configuración de parámetros:** Permite ajustar la forma de onda, frecuencia y amplitud.
- **Prácticas disponibles:** Actividades prácticas en la página del fabricante.
- **Dos canales de generación:** Voltaje o corriente (CHA y CHB).
- **Dos canales de entrada analógica:** Para medir el voltaje en diferentes puntos del circuito (AIN y BIN).
- **Software de código abierto:** Alice para análisis e interpretación de resultados.

4.2.3.2 Características

Según Analog Devices (2015), las características del Pocket Lab ADALM1000 se detallan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Características del ADALM1000.

<i>Dos Entradas Analógicas/Dos Salidas Analógicas</i>	
<i>Tasa de muestreo / bits</i>	<i>100 kSPS/16-bit</i>
<i>Rango de voltaje</i>	<i>0 V a 5 V</i>
<i>Rango de corriente</i>	
<i>Estilo de muestreo</i>	<i>Contínuo: 100%</i>
<i>Suministros</i>	<i>5V (200 mA)</i>
	<i>2.5 V (200mA)</i>
<i>Características</i>	
<i>Control de medición y corriente</i>	<i>Sí</i>
<i>Hardware de código abierto</i>	<i>Sí</i>
<i>Software de código abierto</i>	<i>GUI, controladores, Firmware</i>
<i>Compatibilidad</i>	<i>Windows, Linux, OS-X</i>
<i>LRC Capacidad de medición</i>	<i>Sí</i>

Notas. La siguiente tabla describe las características del ADALM100 dependiendo de las entradas y salidas analógicas.

Fuente: Analog Devices (2015).

Estas características son fundamentales para comprender las especificaciones técnicas y las capacidades del dispositivo ADALM1000.

4.2.4 Software de Vinculación LTspice

4.2.4.1 LTspice

“LTspice es un software de simulación de circuitos eléctricos y electrónicos que permite evaluar el funcionamiento de un circuito antes de realizar el prototipo de sí mismo” (González, 2018, p. 8) . En la presente investigación se lo utilizó como base para poder hacer análisis de circuitos mediante Ley de Kirchoff y Teorema de Thévenin mediante la simulación del punto de operación. Es decir, luego de haber desarrollado el circuito deseado el programa calcula automáticamente los parámetros principales como sin Voltaje y Corriente en los puntos de cada elemento que compone el circuito. Simula circuitos de corriente continua y corriente alterna.

4.2.4.2 Instalación e inicio

Ejecute el archivo descargado para iniciar el proceso de instalación. Siga los pasos del asistente de instalación, aceptando el acuerdo de licencia y seleccionando las opciones de instalación predeterminadas. Una vez completada la instalación, inicie el programa desde el acceso directo creado en el menú de inicio o en el escritorio.

4.2.4.3 Creando o Abriendo un nuevo archivo esquemático

Según Nascimento (2017), al iniciar el software LTspice, se presenta la interfaz principal que se ilustra en la **Figura 10**. Para abrir un archivo esquemático previamente creado, el usuario debe hacer clic en el botón "Abrir" y seleccionar el archivo deseado del explorador de archivos. Por otro lado, si se desea comenzar un nuevo proyecto, se debe hacer clic en el botón "Nuevo esquema", lo cual generará un archivo en blanco con la extensión .asc, típica de los archivos de LTspice.

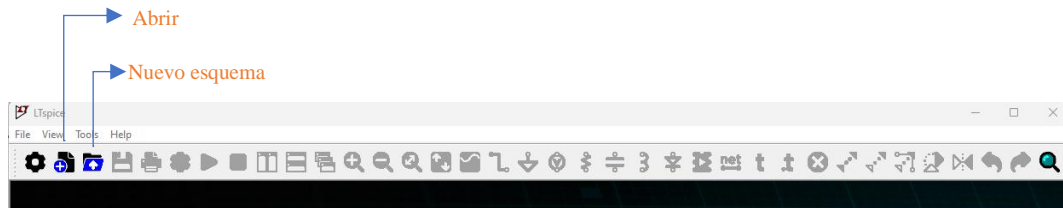


Figura 10. Ventana inicial de LTspice.

4.2.4.4 Configuración de tipos de señales de fuentes

Según Nascimento (2017) las fuentes en LTspice pueden configurarse para proporcionar desde simples niveles de tensión o corriente continua, hasta complejas formas de onda periódicas y no periódicas. Entre las opciones disponibles, se encuentran señales de potencial DC, pequeñas señales AC, ondas senoidales, cuadradas, triangulares, rampas ascendentes y descendentes, pulsos, escalones, e incluso formas de onda definidas por el usuario. Esta diversidad de señales enriquece significativamente las posibilidades de simulación y análisis.

Nascimento (2017) menciona que, para acceder a la configuración avanzada de una fuente de tensión independiente, primero se debe insertar el componente en el circuito y hacer clic derecho sobre él. Esto desplegará la ventana "Voltage Source - V1". Posteriormente, al presionar el botón "Advanced", se abrirá la ventana "Independent Voltage Source - V1", como se ilustra en la **Figura 11**. Es en esta sección donde se definen los parámetros específicos de la señal deseada, tales como amplitud, frecuencia, tiempos de subida y bajada, entre otros, según lo detallado en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Múltiplos y submúltiplos en LTspice.

Múltiplos	Valor de la magnitud	Escrito en LTspice
femto	5fΩ	5 x 10 ⁻⁵ Ω 5f
pico	47pΩ	47 x 10 ⁻¹² Ω 47p
nano	100nΩ	100 x 10 ⁻⁹ Ω 100n
micro	330μΩ	330 x 10 ⁻⁶ Ω 330u
mili	120mΩ	120 x 10 ⁻³ Ω 120m o 0.120
	10Ω	10Ω 10 o 10R

kilo	4700Ω	4,7 x 10 ³ Ω	4700 o 4k7 o 4.7k
	120kΩ	120 x 10 ³ Ω	120k
mega	10MΩ	10 x 10 ⁶ Ω	10mega
giga	4GΩ	4 x 10 ⁹ Ω	4giga

Nota. La tabla hace referencia a valores de resistencia eléctrica, pero se utiliza la misma analogía para las magnitudes de: inductancia [H], capacitancia [F], tensión [V], corriente [A] y frecuencia [Hz].

Fuente: Nascimento (2017).

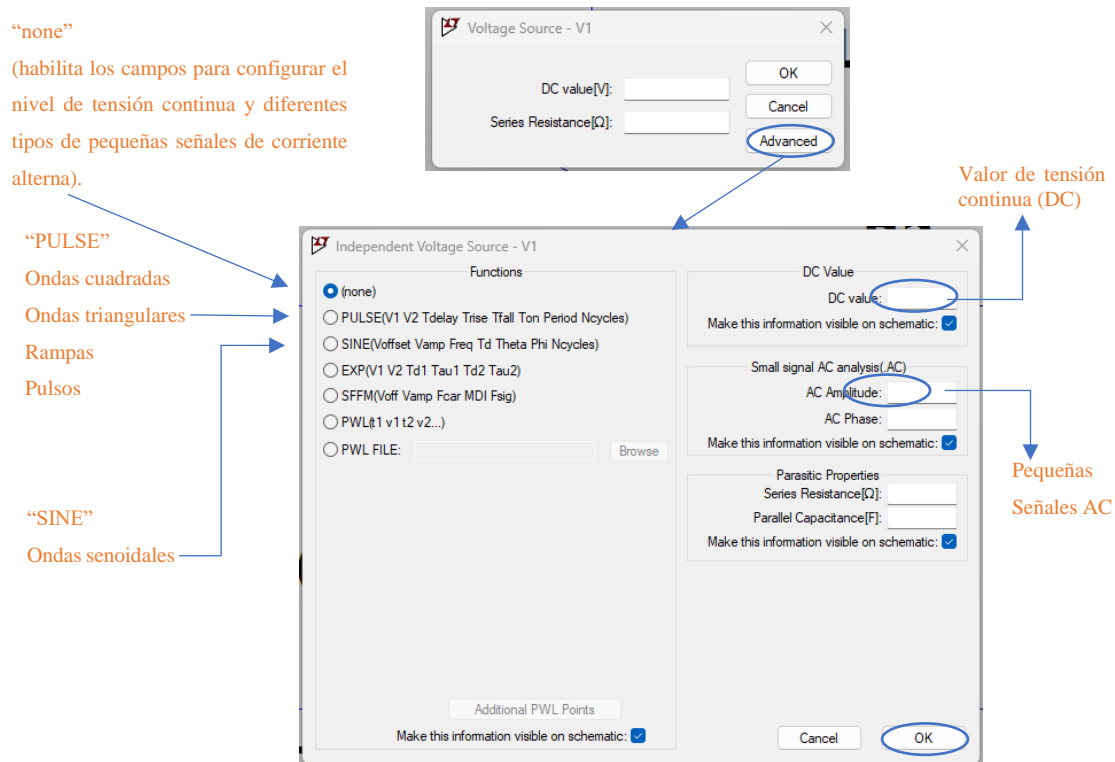


Figura 11. Configuración de las señales de una fuente de tensión.

Nota. En la figura se muestran las características principales de configuración de fuentes de tensión continua (DC) y de pequeñas señales de corriente alterna (AC).

4.2.4.5 Potencial DC

Nascimento (2017) indica que para configurar una fuente de tensión de corriente continua (DC) en el simulador, es necesario ingresar el valor deseado en voltios en el campo "DC value" de la ventana "Independent Voltage Source - V1". En **Figura 12** presenta un ejemplo de una fuente de tensión continua con un valor de 9V. En esta imagen, se observa el parámetro ".tran 10", que se refiere al análisis transitorio de la fuente de voltaje, donde el valor 10 representa la duración de la simulación en segundos (t = 10s). La señal resultante de esta configuración se puede visualizar en la **Figura 13**, donde el simulador muestra la medición de la señal a lo largo del tiempo.

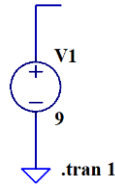


Figura 12. Fuente de tensión continua (DC).

Nota. La figura presenta el símbolo esquemático de una fuente de tensión continua (DC).

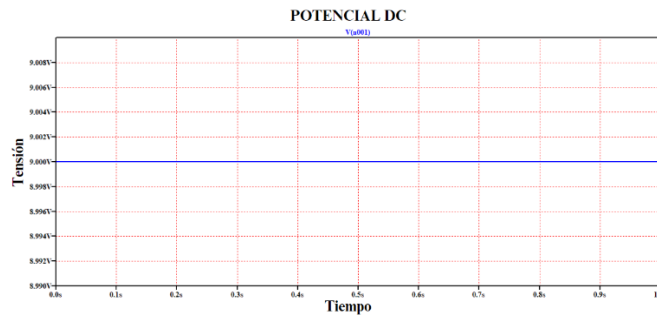


Figura 13. Señal de la fuente de tensión continua (DC).

Nota. La figura muestra la gráfica de la señal de salida de una fuente de tensión continua (DC) 9V.

4.2.4.6 Onda senoidal

Según Nascimento (2017) para configurar una fuente con una señal senoidal, seleccione la opción "SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)" en la ventana "Independent Voltage Source - V1", como se muestra en la **Figura 11**. Esto abrirá varias opciones de configuración para las características de la onda. En la **Figura 14**, se puede definir características como tensión media, amplitud, tiempo de retraso, entre otros.

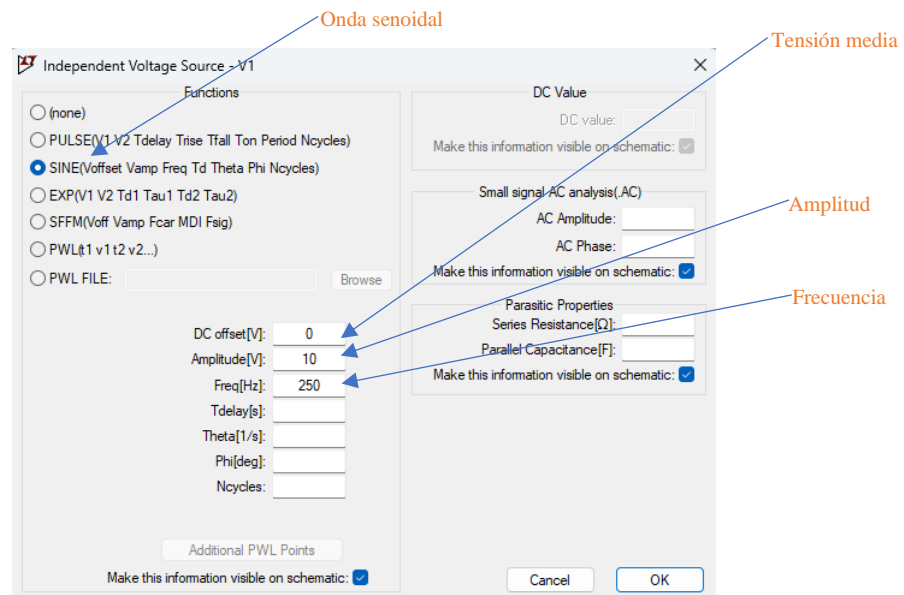


Figura 14. Configuración de una señal senoidal en una fuente de tensión.

Nota. La figura muestra la interfaz de configuración para una fuente de tensión independiente (V1).

Según Nascimento (2017) la función “SINE” en LTspice se utiliza para definir una fuente de señal senoidal, una herramienta esencial para simular señales sinusoidales en un circuito. Esta función es particularmente útil para simular señales de audio, señales de comunicación y otras formas de ondas periódicas. A continuación, se presenta la sintaxis completa de la función “SINE”:

Nascimento (2017) indica que en la **Figura 15** se muestra la configuración de una fuente de tensión con señal senoidal, los parámetros de la fuente se definen como: Amplitud de 10V, tensión media de 0V y frecuencia de 250Hz. Además de la fuente, se visualiza el comando “.tran 0 10m 5u”, que configura el análisis transitorio de la simulación. Este comando consta de tres valores clave, donde:

- ✓ **0:** Representa el tiempo de inicio de la simulación (t = 0 segundos).
- ✓ **10m:** Define el tiempo máximo de simulación, en este caso, 10 milisegundos (0.01 segundos). La simulación, por tanto, abarca desde 0 hasta 10 ms.
- ✓ **5u:** Establece el paso de tiempo máximo en 5 microsegundos.

Este parámetro es importante porque controla la resolución temporal de la simulación. En la **Figura 16**, se detalla la forma de onda de la fuente sinusoidal incluyendo su amplitud, nivel medio y periodo.

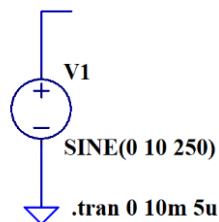


Figura 15. Fuente de tensión sinusoidal: Configuración de amplitud y frecuencia.

Nota. La figura muestra el esquema de una fuente de tensión sinusoidal en un software LTspice de simulación de circuitos eléctricos.

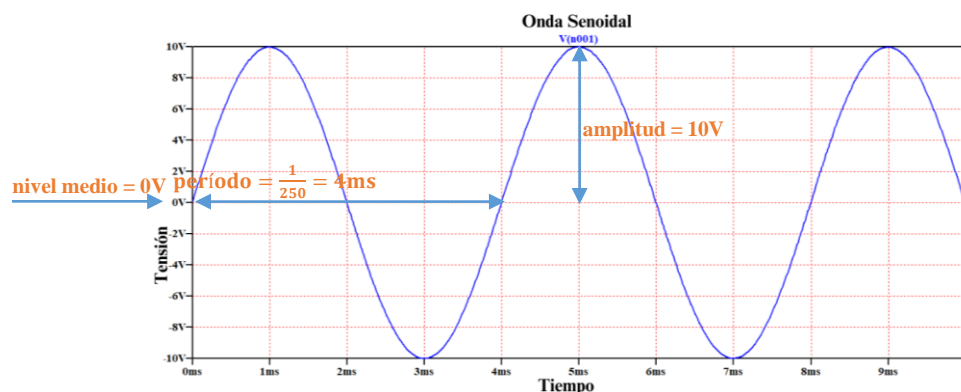


Figura 16. Señal de fuente sinusoidal: amplitud, nivel medio y periodo.

Nota. La figura presenta la gráfica de una señal sinusoidal generada por una fuente de tensión.

4.2.4.7 Onda cuadrada

Según Nascimento (2017) para generar una señal de onda cuadrada utilizando una fuente de tensión independiente en el simulador, es necesario seleccionar la opción "PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)" en la ventana de configuración "Fuente de tensión independiente - V1", como se muestra en la **Figura 17**. Esta selección abre un conjunto de parámetros que permiten definir las características específicas de la onda cuadrada.

La función pulse en LTspice se utiliza para definir una fuente de señal de pulso, una herramienta esencial para simular señales digitales y otros tipos de señales pulsantes en un circuito en este caso la señal es de tipo cuadrada (Nascimento, 2017).

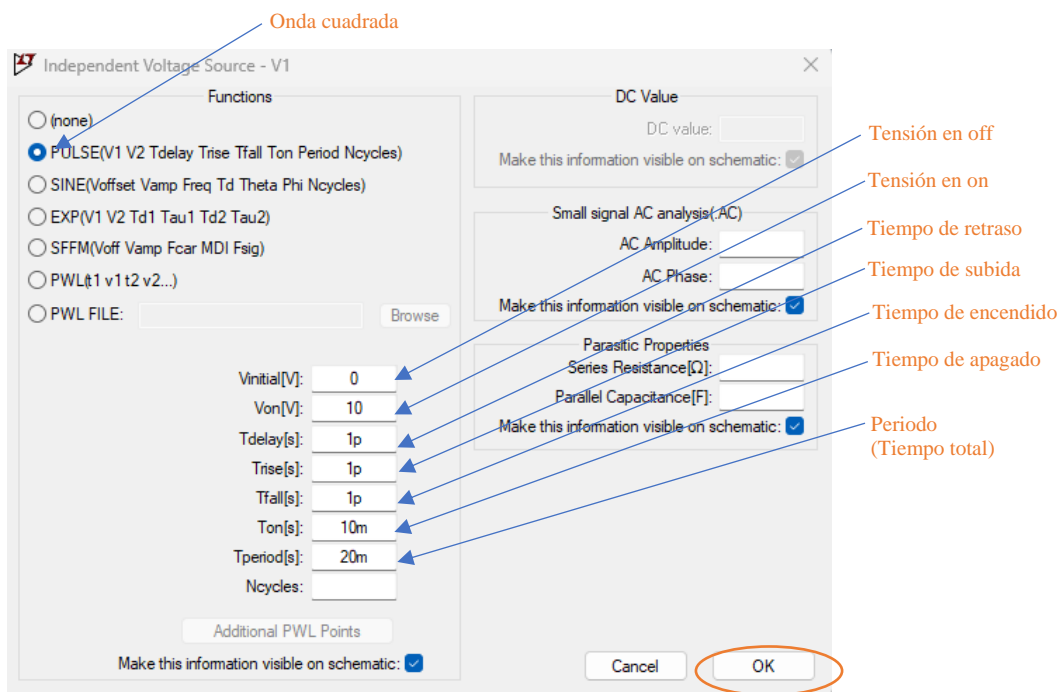


Figura 17. Configuración de una señal de onda cuadrada en una fuente de tensión.

Nota. La figura ilustra la ventana de configuración para generar una señal de onda cuadrada utilizando una fuente de tensión independiente (V1)

Según Nascimento (2017) la **Figura 18** muestra una fuente de tensión configurada con señal de onda triangular de tensión 10V encendido, 0V apagado, tiempo de retardo 1ps, tiempo de subida 5ms, tiempo de bajada 5ms, tiempo de encendido 1ps y periodo de 10ms. La figura 24 ilustra esta señal medida por el simulador. Además de la fuente, se visualiza el comando “.tran 0 100m 0”, que configura el análisis transitorio de la simulación. Este comando consta de tres valores clave, donde:

- ✓ **0:** Representa el tiempo de inicio de la simulación ($t = 0$ segundos).

- ✓ **100m**: Define el tiempo máximo de simulación, en este caso, 100 milisegundos (0.1 segundos). La simulación, por tanto, abarca desde 0 hasta 100 ms.
- ✓ **0**: Este es el incremento de tiempo o paso de tiempo para la simulación. Cuando se establece en 0, como en este caso, el simulador elige automáticamente un paso de tiempo adecuado. Esto permite que el simulador ajuste el paso de tiempo para capturar con precisión los cambios rápidos en las señales (como los tiempos de subida y bajada de 1ps en la fuente PULSE) sin desperdiciar recursos computacionales en períodos donde la señal es constante.

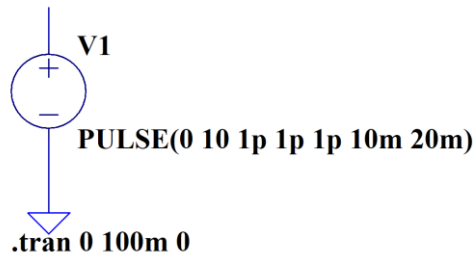


Figura 18. Configuración de una fuente de tensión de onda cuadrada.

Nota. La figura muestra el esquema de una fuente de tensión V1, configurada para generar una onda cuadrada.

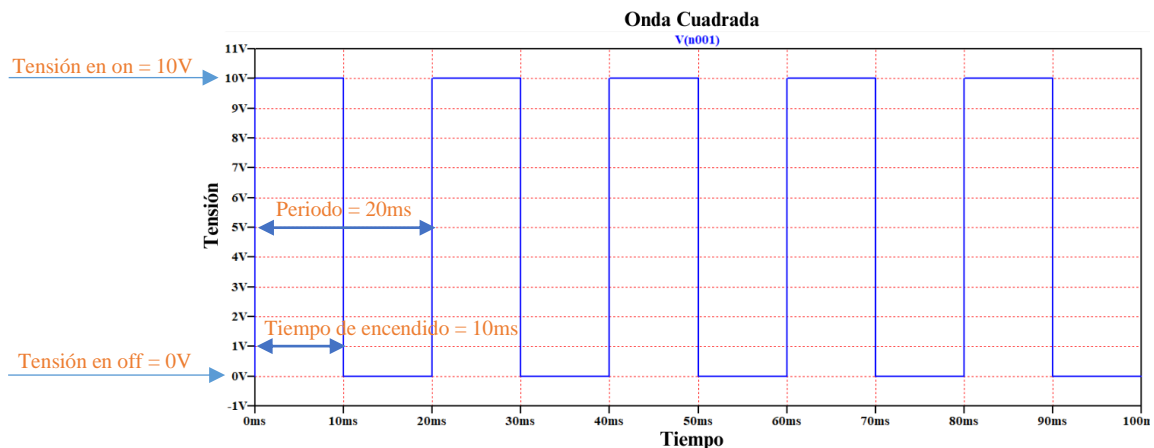


Figura 19. Señal de tensión de onda cuadrada.

Nota. La gráfica ilustra la forma de onda generada por una fuente de tensión configurada con el comando PULSE.

4.2.4.8 Onda triangular

Según Nascimento (2017) para configurar una fuente con señal de onda triangular en un simulador de circuitos, seleccione la opción "PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)" en la ventana de configuración de la fuente de tensión independiente (por ejemplo, V1). Esta opción, aunque comúnmente asociada con ondas cuadradas, puede adaptarse para generar ondas triangulares.

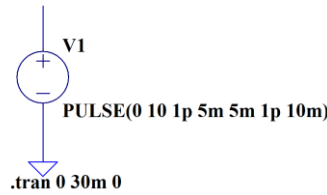


Figura 20. Señal de tensión de onda triangular.

Nota. La figura muestra el esquema de una fuente de tensión V1, configurada para generar una onda triangular.

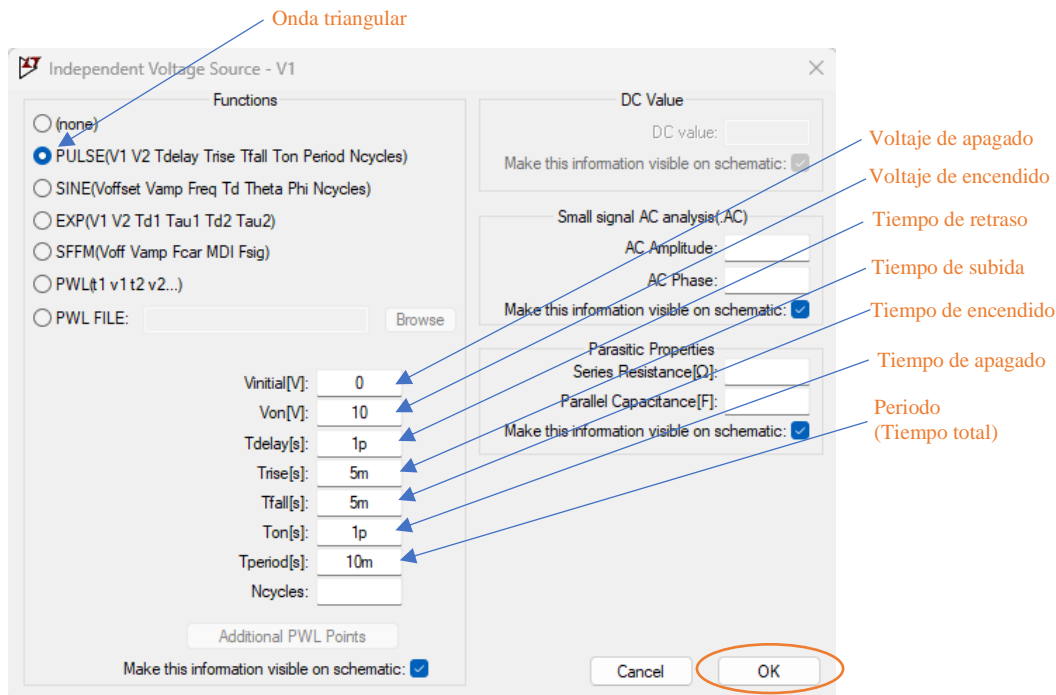


Figura 21. Configuración de una señal de onda cuadrada en una fuente de tensión.

Nota. La figura muestra la interfaz de configuración para una fuente de voltaje independiente (V1) que genera una señal de onda cuadrada.

Según Nascimento (2017), la **Figura 21** presenta una fuente de tensión configurada para generar una señal de onda triangular con las siguientes características: un voltaje máximo de 10V y un voltaje mínimo de 0V. Los parámetros de la señal son los siguientes: un tiempo de retardo de 1 picosegundo (ps), un tiempo de subida de 5 milisegundos (ms), un tiempo de bajada de 5 ms, un tiempo de encendido de 1 ps y un periodo total de 10 ms. La **Figura 20** muestra la representación de esta señal medida por el simulador, ilustrando claramente los ciclos de subida y bajada de la onda triangular. El comando “.tran 0 30m 0” se describe como:

- ✓ **0:** Representa el tiempo de inicio de la simulación ($t = 0$ segundos).
- ✓ **30m:** Define el tiempo máximo de simulación, en este caso, 30 milisegundos (0.03 segundos). La simulación, por tanto, abarca desde 0 hasta 100 ms.

- ✓ **0**: La simulación registrará datos desde el inicio.

4.2.4.9 Experimento (simulación)

La **Figura 39** muestra la barra de herramientas del software LTspice, que contiene iconos y atajos de teclado esenciales para el diseño y análisis de circuitos. Los comandos incluyen funciones como:

Selección de componentes (R para resistencias, L para inductores, C para capacitores, etc.), herramientas de dibujo (líneas, cables), configuración de simulación (análisis de corriente continua, transitorio, frecuencia), visualización de resultados (gráficos de voltaje, corriente, potencia). El dominio de estos atajos agiliza significativamente el proceso de diseño y análisis.

La **Figura 22** presenta un circuito eléctrico en LTspice, diseñado para estudiar sistemas resistivos con entradas senoidales. Componentes clave:

1. **Fuente de voltaje senoidal:** Amplitud (1V), Tensión inicial (0V), Frecuencia (1 kHz).
2. **Resistencias:** R1 (1k Ω), R2 y R3 (10k Ω), R4 (1k Ω).
3. **Configuración de simulación:** Comando ".tran 10m": Indica un análisis transitorio con un tiempo de simulación de 10 milisegundos. Esto permite observar el comportamiento del circuito a lo largo del tiempo, especialmente útil para fuentes variables como la senoidal.

Este circuito es ideal para estudiar la respuesta de un sistema resistivo simple a una entrada senoidal, lo que puede ayudar a entender conceptos como la ley de Ohm, división de voltaje y análisis de señales en el dominio del tiempo.

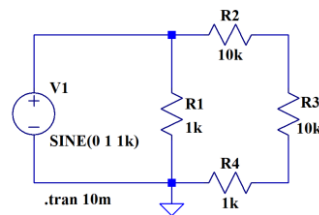


Figura 22. Circuito resistivo con fuente senoidal.

Nota. La figura muestra un circuito compuesto por resistencias y una fuente de voltaje senoidal, diseñado para análisis de respuesta transitoria.

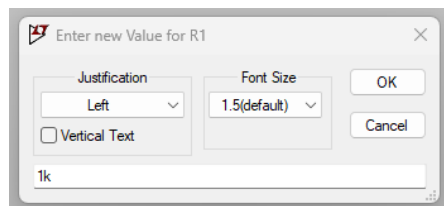


Figura 23. Configuración de Valor para Resistencia R1.

Nota. Ventana de LTspice para modificar el valor de una resistencia en ohms.

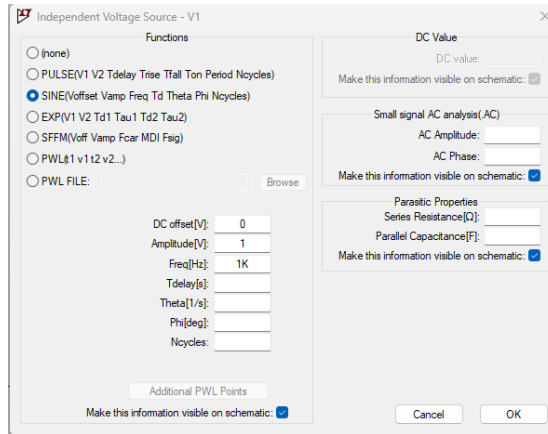


Figura 24. Configuración de fuente de voltaje independiente.

Nota. Panel de LTSpice para definir parámetros de una fuente de voltaje, incluyendo tipo, amplitud y frecuencia.

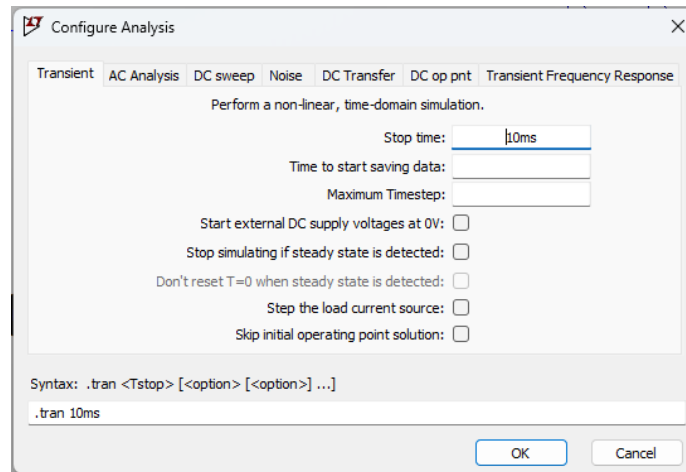


Figura 25. Panel de Configuración de Análisis Transitorio en LTSpice.

Nota. Ventana para definir parámetros del análisis transitorio, como tiempo de inicio, duración y condiciones de parada.

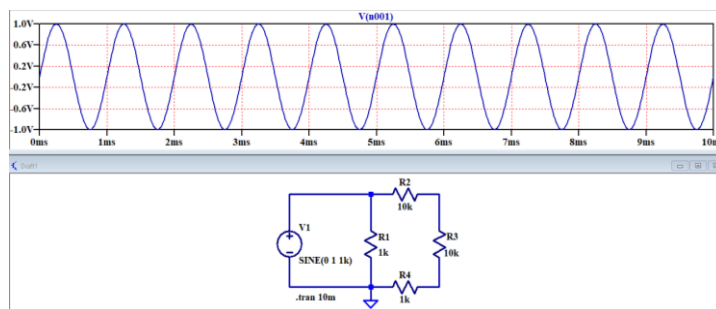


Figura 26. Visualización de Resultados de Simulación.

Nota. Gráfico de señal senoidal y esquema del circuito. Los detalles de la señal se muestran al pasar el cursor sobre los componentes.

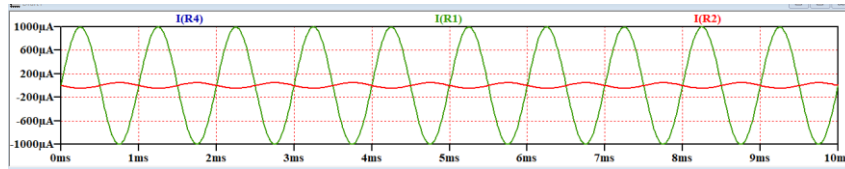


Figura 27. Formas de onda de corriente en resistencias R1, R2 y R4.

Nota. Gráficos de corriente vs. tiempo para R1, R2 y R4. Las formas de onda se resaltan al seleccionar cada resistencia.

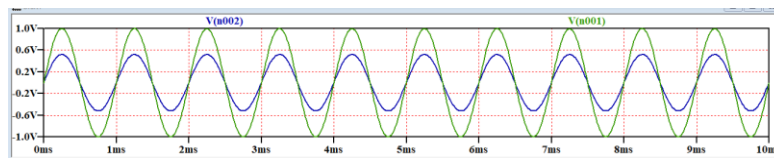


Figura 28 Voltajes entre R2 y R3 en Análisis Transitorio.

Nota. Gráfico de voltaje vs. tiempo en la unión de R2 y R3, y en la salida de V1. Visible al seleccionar estos puntos.

4.2.5 ALICE

Según Analog Devices (2022), ALICE (Active Learning Interface for Circuit and Electronics) es un conjunto de aplicaciones de código abierto desarrollado por Analog Devices, es parte del complemento del Pocket Lab ADALM1000 para simular experimentalmente circuitos de corriente continua y corriente alterna.

4.2.5.1 Funciones de Alice desktop

Según Analog Devices (2022) ALICE Desktop ofrece una suite completa de instrumentos virtuales que aprovechan las capacidades del hardware ADALM1000 para el análisis y caracterización de circuitos electrónicos. Estas herramientas pueden ser útiles también para el análisis de circuitos eléctricos, particularmente las siguientes funciones:

Primero, algunas notas sobre la nomenclatura utilizada:

CA-V se refiere a la señal de voltaje del Canal A.

CA-I se refiere a la señal de corriente del Canal A.

CB-V se refiere a la señal de voltaje del Canal B.

CB-I se refiere a la señal de corriente del Canal B.

- **Osciloscopio de dos canales:** Permite visualizar y analizar en tiempo real las señales de voltaje y corriente en circuitos eléctricos. Puedes conectar las sondas de voltaje (CA-V y CB-V) a diferentes nodos del circuito y las sondas de corriente (CA-I y CB-I) en serie con las cargas para obtener mediciones simultáneas.

- **Generador de formas de onda arbitrarias de dos canales:** Puede ser utilizado para generar señales de voltaje o corriente y aplicarlas al circuito eléctrico bajo análisis.
- **Visualizador XY:** Permite graficar la relación entre voltaje y corriente en un circuito eléctrico, lo cual puede ser útil para caracterizar la respuesta de cargas lineales y no lineales.
- **Analizador de impedancia:** Puede ser utilizado para caracterizar la impedancia compleja de redes RLC presentes en circuitos eléctricos, lo cual es importante para el análisis de filtros, circuitos resonantes, entre otros.
- **Ohmímetro DC:** Permite medir resistencias desconocidas presentes en un circuito eléctrico.

4.2.5.2 Generador de funciones arbitrarias (AWG)

Según Analog Devices (2021) El Generador de Ondas Arbitrarias (AWG, por sus siglas en inglés) es un componente fundamental del software Alice, desarrollado por Analog Devices. Esta herramienta se destaca por su capacidad para crear y modificar formas de onda con una precisión y flexibilidad excepcionales. El AWG no solo permite la generación de ondas estándar como senoidales, cuadradas y triangulares, sino que también posibilita la creación de formas de onda personalizadas y complejas ver **Figura 29**.

Tabla 3. Configuración del Generador de Funciones Arbitrarias (AWG).

Nombre	Descripción
Channel Mode Menu	Menú de modo de canal.
Waveform Minimum value	Valor mínimo de la forma de onda.
Waveform Maximum value	Valor máximo de la forma de onda.
Select Waveform Phase or Time delay	Seleccionar fase de la forma de onda o retardo de tiempo.
Noise Amplitude value	Valor de amplitud del ruido.
Add Noise To Waveform	Añadir ruido a la forma de onda.
Select Both CH A and CH B to run at 100KSPS	Seleccionar ambos canales (CH A y CH B) para ejecutar a 100 KSPS.
Select Either CH A or CH B to run at 200KSPS	Seleccionar CH A o CH B para ejecutar a 200 KSPS.
Waveform Shape Menu	Menú de forma de onda.
Waveform Frequency value	Valor de frecuencia de la forma de onda.
Waveform phase or delay value	Valor de fase o retardo de la forma de onda.
Square Wave Duty-cycle value	Valor del ciclo de trabajo de onda cuadrada.
Length of Waveform Array is Shown Here	Longitud del array de forma de onda mostrada aquí.

Set CH B equal to complement of CH A

Configurar CH B como complemento de CH A.

Run AWG synced to Sweep

Ejecutar AWG sincronizado con barrido.

Nota. Esta tabla proporciona una guía de referencia rápida para las opciones de configuración de un Generador de Funciones Arbitrarias (AWG). Tomado de (Analog Devices, 2021).

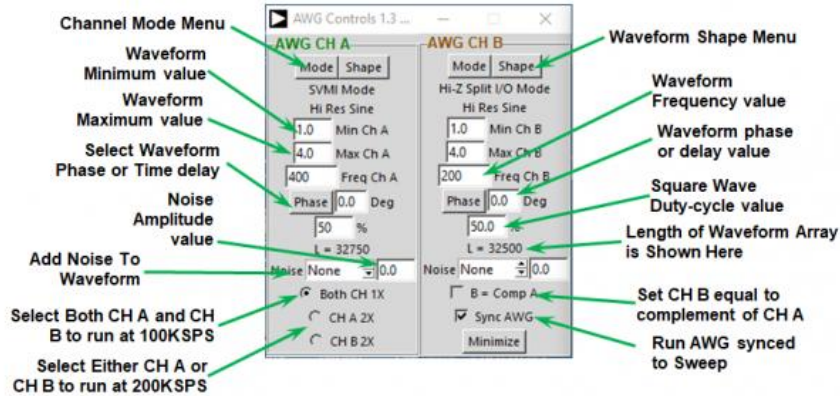


Figura 29. Ventana de controles AGW.

Nota. Esta imagen muestra el panel de control del Generador de Ondas Arbitrarias (AWG) del software ALICE.

Analog devices (2021).



Figura 30 Botones del menú superior.

Fuente: Analog devices & Mercer (2023).

Tabla 4. Tabla de configuración de osciloscopio de Alice.

Nombre	Descripción
Trigger	Menú desplegable para seleccionar la señal de disparo (CA-V, CA-I, CB-V, CB-I o ninguna).
Edge	Menú desplegable para seleccionar flanco ascendente o descendente del disparo.
Trig Level	Nivel de disparo en voltios (para V) o mA (para I). Incluye botón 50% para punto medio.
Hold Off	Ajusta la posición horizontal del punto de disparo en el búfer (en ms).
Hoz Poss	Cambia la posición horizontal del trazo de tiempo en la cuadrícula (en ms).
Time ms/Div	Configura la base de tiempo horizontal (incrementos estándar o valor manual).
Display	Selecciona modo de visualización (tiempo o X vs Y) y señales para ejes X e Y.
Curves	Selecciona formas de onda a mostrar (todas, ninguna, o trazas de referencia).
PWR ON	Activa/desactiva fuentes de alimentación analógicas (+2.5V y +5V).

Run	Inicia el bucle de adquisición de muestras.
Stop	Detiene el bucle de adquisición de muestras.
Exit	Cierra el programa.

Nota. Esta tabla presenta una guía detallada de los controles y opciones disponibles en la interfaz de un osciloscopio digital avanzado.

Fuente: Analog devices & Mercer (2023).

4.2.6 Live Scripts de Matlab

Según Martínez Guardiola et al. (2021), los Live Scripts de Matlab son documentos interactivos que pueden combinar código de Matlab con texto formateado, donde se pueden añadir imágenes y ecuaciones en un mismo documento con extensión “.mlx”. Los resultados de la ejecución del código se guardan y muestran a lo largo del propio documento.

Una característica fundamental de los Live Scripts es su capacidad de integración. Como señalan Nevaranta et al. (2019), estos archivos "dan la posibilidad de formatear texto y ecuaciones y fusionar figuras juntas en un único entorno interactivo. Como las funciones de Matlab funcionan normalmente con los Live Scripts y los resultados gráficos pueden fusionarse en el archivo, los estudiantes pueden analizar su código en un entorno de aprendizaje visual.

En el ámbito de la enseñanza, Nevaranta et al. (2019) destacan tres aspectos fundamentales:

1. Integración de contenidos:

- Permite la combinación de códigos funcionales.
- Incorpora resultados y gráficas generadas.
- Facilitar la inclusión de texto formateado y ecuaciones.
- Posibilidad de agregar material visual complementario.

2. Ventajas para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje: Los investigadores enfatizan que este formato "apoya al estudiante para que se convierta en un aprendiz más independiente" (Nevaranta et al., 2019, p. 1151), lo cual se logra mediante:

- Presentación visual de problemas y soluciones.
- Interactividad directa con el código
- Capacidad de autoaprendizaje
- Facilidad para seguir instrucciones paso a paso

3. Beneficios para la Práctica Docente: Nevaranta et al. (2019) señalan que, desde la perspectiva del profesor, los Live Scripts ofrecen ventajas significativas:

- Facilitan las demostraciones en clase gracias a su interfaz visual.
- Permitirán una evaluación más eficiente del trabajo de los estudiantes.

- Posibilitan la creación de material para estudio independiente.
- Simplifican la transición desde el formato tradicional al formato digital.

En cuanto a la evaluación y los proyectos, Nevaranta et al. (2019) destacan que los Live Scripts proporcionan a los estudiantes la capacidad de crear informes que combinan directamente su código con la documentación necesaria, lo que resulta particularmente útil para trabajos de proyecto y evaluaciones formales.

4.2.7 Crear Live Script en Matlab

Según MathWorks (1994), los scripts en vivo son archivos de programa que contienen el código, la salida y el texto con formato en un solo entorno interactivo conocido como Live Editor. En los scripts en vivo, puede escribir el código y ver la salida y las gráficas generadas junto con el código que las produjo. Agregue texto con formato, imágenes, hipervínculos y ecuaciones para crear una narrativa interactiva que pueda compartir con otros.

Según MathWorks (1994), para crear un script en vivo en Live Editor, vaya a la pestaña Home y haga clic en New Live Script ver **Figura 31**. También puede utilizar la función edit de la ventana de comandos. Por ejemplo, escriba edit penny.mlx para abrir o crear el archivo penny.mlx ver **Figura 32**.

Para asegurarse de que se cree un script en vivo, especifique la extensión.mlx. Si no se especifica la extensión, MATLAB® utiliza de forma predeterminada un archivo con una extensión .m, que solo admite código simple (MathWorks, 1994).

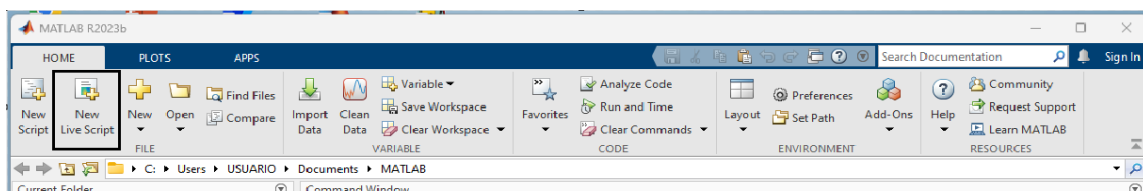


Figura 31. Nuevo Live Script.

Nota. La figura muestra la interfaz de un nuevo Live Script en MATLAB, destacando las características y herramientas disponibles para la creación y edición de documentos interactivos.

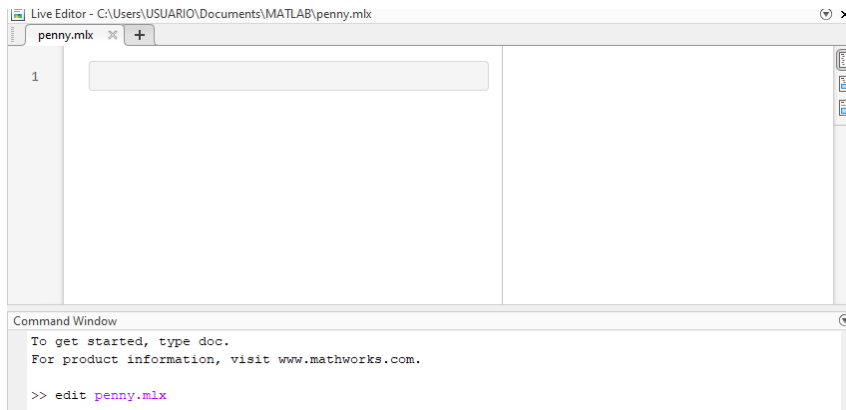


Figura 32. Entorno de trabajo Matlab.

Nota. El comando "edit penny" en MATLAB abre un editor de texto que contiene el código fuente del archivo "penny.m", que generalmente se utiliza para mostrar una imagen en forma de "penny" en MATLAB.

Si tiene un script existente (.m), puede abrirlo como un nuevo script en vivo en Live Editor. Al abrir un script como script en vivo se crea una copia del archivo y se deja el archivo original intacto. MATLAB convierte el marcado de publicación del script original en contenido con formato en el nuevo script en vivo (MathWorks, 1994).

MathWorks (1994) menciona que, para abrir un script existente (.m) como script en vivo (.mlx) desde el editor, haga clic con el botón secundario en la pestaña del documento y seleccione Open scriptName as Live Script en el menú contextual. También puede ir a la pestaña Editor, hacer clic en Save y seleccionar Save As. Después, establezca Save as type en MATLAB Live Code Files (*.mlx) y haga clic en Save. Debe utilizar uno de los métodos de conversión descritos para convertir el script en un script en vivo. Solo cambiar la extensión del nombre del script por .mlx no funciona y puede dañar el archivo.

4.2.7.1.1 Agregar código

Según MathWorks (1994) después, de crear un script en vivo se puede agregar código y ejecutarlo. En la **Figura 33**

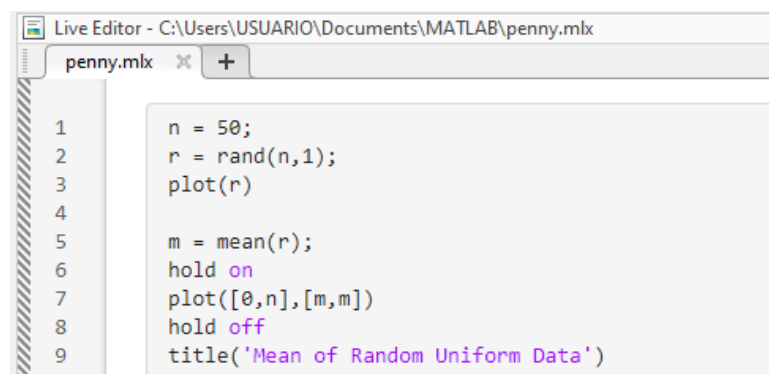





Figura 33. Agregar código.


Nota. En la figura se ilustra el proceso de incorporar un fragmento de código que crea un vector de datos aleatorios y traza una línea horizontal en el gráfico en la media de esos datos.

4.2.7.1.2 Ejecutar código

Para ejecutar el código, haga clic en la barra a rayas vertical situada a la izquierda del código. También puede ir a la pestaña Live Editor y hacer clic en Run. Mientras se ejecuta el programa, aparece un indicador de estado  en la parte superior izquierda de la ventana del editor (MathWorks, 1994).

Una barra gris parpadeante situada a la izquierda de una línea de código indica la línea que MATLAB está evaluando. Para desplazarse a la línea que MATLAB está evaluando, haga clic en el indicador de estado (MathWorks, 1994).

MathWorks (1994) menciona que, si se produce un error  mientras MATLAB está ejecutando el programa o si MATLAB detecta un problema importante en el código, el indicador de estado se convierte en un icono de error . Para desplazarse al error, haga clic en el icono. El icono de error situado a la derecha de la línea de código indica el error. El mensaje de error correspondiente se muestra como salida.

No es necesario que guarde el script en vivo para ejecutarlo. Cuando guarda el script en vivo, MATLAB lo guarda automáticamente con una extensión.mlx. Por ejemplo, vaya a la pestaña Live Editor, haga clic en Save  e introduzca el nombre plotRand. MATLAB guarda el script en vivo como plotRand.mlx (MathWorks, 1994).

4.2.7.1.3 Muestra la salida

De forma predeterminada, Live Editor muestra la salida a la derecha del código. Cada salida se muestra con la línea que la crea. Para cambiar el tamaño del panel de visualización de la salida, arrastre la barra de redistribución entre el código y la salida hacia la izquierda o hacia la derecha (MathWorks, 1994) ver **Figura 34**.

Al desplazarse por el código, Live Editor alinea la salida con el código que la genera. Para deshabilitar la alineación de la salida con el código cuando la salida esté a la derecha, haga clic con el botón secundario en la sección de salida y seleccione Disable Synchronous Scrolling (MathWorks, 1994).

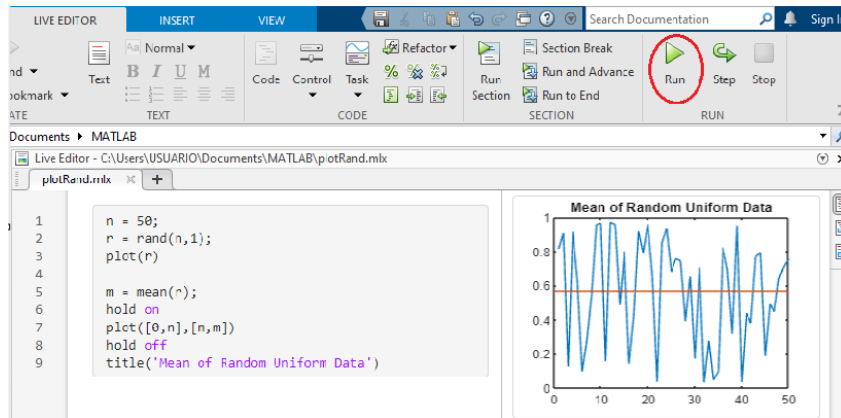


Figura 34. Muestra de salida.

Nota. La figura muestra la disposición predeterminada de la salida en un Live Script de MATLAB. La salida se presenta en un panel ubicado a la derecha del código correspondiente.

4.3 Capítulo IV: Diseño de Guías Prácticas de Laboratorio

4.3.1 Diseño de Guías Prácticas para laboratorio de circuitos eléctricos

En este capítulo se aborda los conceptos básicos sobre la metodología para el desarrollo técnico de las guías necesarias con el contenido específico en la materia de Circuitos Eléctricos I y II, con la adaptación al campo interactivo por medio de herramientas computacionales especializadas en la simulación, armado y diseño de circuitos eléctricos.

Según Pérez Martínez et al. (2023) el diseño de las guías prácticas para laboratorios de circuitos eléctricos debe promover un aprendizaje personalizado, autorregulado y colaborativo en los estudiantes. Los autores enfatizan la importancia de incluir prácticas en laboratorios virtuales con ejercicios prácticos en situaciones profesionales reales, resolución de problemas que requieran investigación previa, desarrollen la comprensión lectora, el hábito de lectura para actualización, la autogestión y la interacción para alcanzar objetivos.

Pérez Martínez et al. (2023) también sugieren la inclusión de estudios de casos probables que requieran por parte del alumno un análisis, una reflexión, una discusión, desarrollando el pensamiento crítico, trabajo en equipo y la toma de decisiones con innovación y creatividad.

(Pérez Martínez et al., 2023) mencionan que la estructura de las guías prácticas debe incluir un título, objetivos, aspectos teóricos, materiales e instrumentos, desarrollo de la práctica, un apartado para el reporte con tablas de registro de datos y preguntas de análisis, y una posible demostración como elemento motivador

4.3.1.1 Circuitos Eléctricos I

Cuenca Granda (2023) menciona que, la asignatura circuitos eléctricos I es parte fundamental del conjunto de materias profesionalizantes en la carrera de Ingeniería

Electromecánica. Esta asignatura sienta las bases teóricas esenciales para otras asignaturas del mismo campo y contribuye a la formación del perfil profesional en el área de electricidad.

Cuenca Granda (2023) señala que, el contenido de Circuitos Eléctricos I se enfoca en el estudio de los circuitos eléctricos de corriente continua, abarcando sus fundamentos, leyes básicas, métodos y teoremas clave de la electricidad. Mediante esta asignatura, los estudiantes adquieren la capacidad de identificar, analizar, comprender, modelar, diseñar y construir circuitos eléctricos aplicados en equipos y procesos electromecánicos y electrónicos.

Cuenca Granda (2023), concluye que los conocimientos adquiridos en Circuitos Eléctricos I son verdaderamente trascendentales y se convierten en un pilar fundamental para el desempeño exitoso de los futuros ingenieros electromecánicos en su práctica profesional. Estos conocimientos les brindan las herramientas necesarias para enfrentar desafíos complejos, tomar decisiones acertadas y contribuir de manera significativa al avance tecnológico y al desarrollo de soluciones innovadoras en el campo de la ingeniería electromecánica.

4.3.1.2 Circuitos Eléctricos II

Chávez Romero (2022) indicó que, la asignatura Circuitos Eléctricos II se relaciona estrechamente con Circuitos Eléctricos I y continúa profundizando en los fundamentos teóricos y aplicativos de los circuitos eléctricos. En esta asignatura, los estudiantes amplían sus conocimientos al abordar contenidos relacionados con los circuitos eléctricos de corriente alterna, sus principios, análisis y aplicaciones prácticas.

Chávez Romero (2022) menciona que, la asignatura de circuitos eléctricos II complementa de manera integral los conocimientos adquiridos en Circuitos Eléctricos I, permitiendo a los estudiantes comprender los fenómenos y comportamientos únicos de los circuitos de corriente alterna. Esta asignatura les brinda las herramientas necesarias para analizar y diseñar circuitos más complejos, incluyendo circuitos resonantes, filtros y sistemas de potencia, entre otros.

Pérez Martínez et al. (2023) resaltan la importancia de combinar laboratorios reales y virtuales, aprovechando que los laboratorios reales transmiten seguridad al alumno y acercan la teoría a la realidad, mientras que los virtuales destacan los aspectos dinámicos y visuales de los fenómenos eléctricos mediante simulaciones interactivas.

5 Metodología

5.1 Equipos y materiales

5.1.1 Equipos

- Pocket Lab ADALM1000.

5.1.2 Materiales

- Recursos tecnológicos
 - LTspice (simulador de circuitos)
 - Alice (software de interfaz para ADALM1000)
 - Matlab (versión estudiantil)
 - Microsoft Excel
 - Microsoft Word
- Recursos Educativos
 - Computadora
 - Componentes electrónicos (resistencias, capacitores, inductores, etc.)
 - Cables de conexión.
 - Protoboard.
- Recursos de información
 - Libros
 - Artículos científicos
 - Catálogos
 - Tesis

5.2 Procedimiento

5.2.1 Primer objetivo

Para el desarrollo del primer objetivo denominando: “Realizar la investigación bibliográfica de las funcionalidades tanto del software como del hardware vinculado al Pocket Lab ADALM1000” se tomaron las siguientes consideraciones:

Primer Paso:

Búsqueda de información. – Se realizó una investigación bibliográfica en el gestor de búsqueda Google Scholar usando las siguientes palabras clave: "Pocket Lab ADALM1000", "Guías para prácticas de laboratorio de circuitos eléctricos", "Simulador de circuitos eléctricos LTspice". Priorizando la obtención de fuentes relevantes acordes al tema de investigación relacionados con el uso del Pocket Lab ADALM1000 y sus complementos.

Análisis de documentación de Analog Devices: De la página oficial del fabricante del Pocket Lab Adalm1000, se recopiló información sobre las funcionalidades del Hardware (ADALM1000), aplicaciones prácticas, manuales de usuario, tutoriales del software asociado (LTspice y Alice). 5

Documentos seleccionados:

1. Artículos Científicos:

- Pérez Martínez, M., Ramos Guardarrama, J., Santos Baranda, J., & Silverio Freire, R. C. (2023). Empleo de softwares libres en la propuesta de las prácticas de laboratorios para las asignaturas de Circuitos Eléctricos. Ingeniería Electromecánica. <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/724/863>
- Pérez Martínez, M., Ramos Guardarrama, J. I., Santos Baranda, J. I., Santos Fuentesfrias, A., Raimundo Carlos, S. F., & Ayllón Fandiño, E. (2022). Propuestas metodológicas para el plan de estudios E de las asignaturas de circuitos eléctricos. Ingeniería Energética, 43(3). <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>
- Rouble, M., Dobbs, M., & Gilbert, A. (2023). WinterLab: Developing a Low-Cost, Portable Experiment Platform to Encourage Engagement in the electronics Lab. *International Journal of Designs for Learning*, 14(1), 11-22. <https://doi.org/10.14434/ijdl.v14i1.33406>
- Hall, J., Tanner, A., & Eldek, A. (2023). Remote Hands-on Experience for Students in Undergraduate Computer and Electrical Engineering. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 21(1), 47-53. <https://doi.org/10.54808/jsci.21.01.47>
- Madristsch, C., Klinger, T., Pester, A., & Schwab, W. (2017). *Work in Progress: Using Pocket Labs in Master Degree Programs* (M. E. Auer, D. Guralnick, & J. Uhomoihi, Eds.; Vol. 545). Springer International Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-50340-0_5

2. Tesis:

- Rivas Cabrera, S. P. (2024). *Actualización, diseño e implementación de guías de aprendizaje para el desarrollo de prácticas de laboratorio de Comunicaciones Ópticas en la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja.*

3. Documentación técnica de Analog Devices:

- Analog Devices, & Mercer, D. (2021, marzo 23). *Descripción general de ADALM1000.* Wiki de Analog Devices. Este recurso fue fundamental para proporcionar una visión general de ADALM1000, facilitando la comprensión de sus capacidades y funcionalidades.

<https://wiki.analog.com/university/tools/m1k?rev=1616527981>

- Analog Devices, & Mercer, D. (2022, marzo 3). *Actividad: Simulación de circuitos con LTspice - ADALM1000*. Wiki de Analog Devices. Este recurso fue fundamental para aprender a utilizar LTspice en la simulación de circuitos eléctricos.

<https://wiki.analog.com/university/courses/alm1k/intro/circuit-simulation?s%5b%5d=ltspice&s%5b%5d=adalm1000>

- Analog devices, & Mercer, D. (2023, enero 17). *Osciloscopio e instrumentos virtuales de trazado XY para ADALM1000 en ALICE 1.3*. Wiki de Analog Devices. En este recurso, se obtuvo una descripción detallada del uso del osciloscopio de ALICE, así como la configuración general necesaria para la experimentación de las prácticas desarrolladas.

<https://wiki.analog.com/university/tools/m1k/alice/oscilloscope-x-y-user-guide>

- Analog Devices, & Mercer, D. (2021, noviembre 3). *Actividad: Leyes de voltaje y corriente de Kirchhoff, para ADALM1000*. Wiki de Analog Devices. Esta actividad sirvió como base para realizar la práctica 1: Leyes de voltaje y corriente de Kirchhoff. <https://wiki.analog.com/university/courses/alm1k/circuits1/alm-cir-1>

- **Analog Devices, Mercer, D., & Miclaus, A. (2018, septiembre). Tema de capacitación 9 de ADALM1000 SMU: Potencia y factor de potencia en circuitos de CA. Wiki de Analog Devices.** Este recurso fue la base para desarrollar las prácticas en formato Live Scribe de Matlab sobre el análisis del factor de potencia en circuitos RC, RL y RLC.

<https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/studentzone/studentzone-september-2018.html>

Segundo Paso:

Instrucción de programas. - Para el uso correcto del Pocket Lab ADALM1000, es necesario familiarizarse con los siguiente programas y funcionalidades:

1. Funcionalidades del ADALM1000:

El Pocket Lab ADALM1000, conocido por el fabricante como M1K, desempeñó un papel fundamental en esta investigación. La integración de este dispositivo con el simulador LTspice permitió una comparación directa entre los resultados simulados y los datos experimentales. La utilización del software Alice, junto con sus herramientas complementarias como Alice M1K Osciloscopio, Alice M1K Meter Source y Alice M1K Volt Meter, facilitó el análisis de circuitos eléctricos tanto en corriente alterna (AC) como en corriente continua (DC).

En la **Tabla 5** se muestran las especificaciones técnicas del Pocket Lab ADALM1000.

Tabla 5. Especificaciones técnicas Pocket Lab ADALM1000.

Equipo
ADALM1000



Características	Descripción
Dos Entradas Analógicas/Dos Salidas analógicas	Permite generar y medir señales analógicas de voltaje o corriente a través de dos canales independientes
Tasa de muestreo/bits	100 kSPS/16-bit
Rango de voltaje	0 V a 5 V
Rango de corriente	-200 mA a +200 mA
Estilo de muestreo	Continuo: 100% (muestreo continuo sin pérdida de datos)
Suministros	5 V (200 mA), 2.5 V (200 mA)
Control de medición y corriente	Sí (control de medición de voltaje y corriente)
Hardware de código abierto	Sí
Software de código abierto	GUI, controladores, Firmware
Compatibilidad	Windows, Linux, OS-X
LRC Capacidad de medición	Sí (capacidad de medir circuitos LRC)
Dos canales de medición de señal	Permite generar y medir señales de voltaje o corriente
Dos suministros de energía fijos	Proporciona dos fuentes de alimentación fijas
Cuatro señales digitales	Incluye cuatro señales digitales adicionales
USB para comunicaciones	Comunicación a través de USB

Nota. La tabla detalla las especificaciones técnicas y características del hardware ADALM1000.

Fuente: Analog Devices (2015).

Descripción de las funcionalidades de los canales del ADALM1000:

El ADALM1000 cuenta con ocho pines o canales de conexión, organizados para medir y generar señales. La **Figura 35** muestra, la disposición física de cada canal y un diagrama funcional que detalla las especificaciones y usos de cada uno.

- **Canal A:** Se compone de los canales AIN y CH A.
- **Canal B:** Se compone de los canales BIN y CH B.

Los pines AIN y BIN se utilizan para medir señales de voltaje o corriente, mientras que los pines CH A y CH B sirven para generar señales sinusoidales, cuadradas, entre otras.

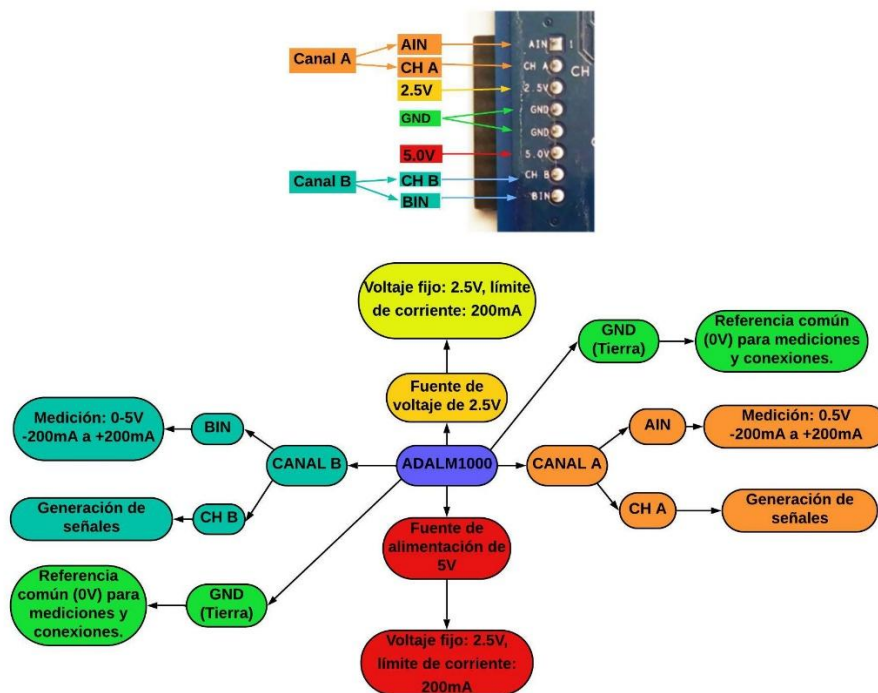


Figura 35. Conector de 8 Canales del ADALM1000 y diagrama funcional.

Diagrama de Bloques del ADALM1000

La **Figura 36** muestra el diagrama de bloques del ADALM1000, destacando sus capacidades de medición y generación de señales.

La función **Measure** (medición de señales) se asocia a los canales AIN y BIN, diseñados para medir voltaje o corriente en el circuito. Proporcionando una medición precisa a través de una resistencia de $1M\Omega$ y un voltímetro.

La función **Source** corresponde a los canales CH A y CH B, capaces de generar señales sinusoidales, cuadradas y otras formas de ondas. Estos canales pueden funcionar como fuentes de voltaje (Vs) o de corriente (Is), adaptándose a las necesidades específicas del experimento o análisis.

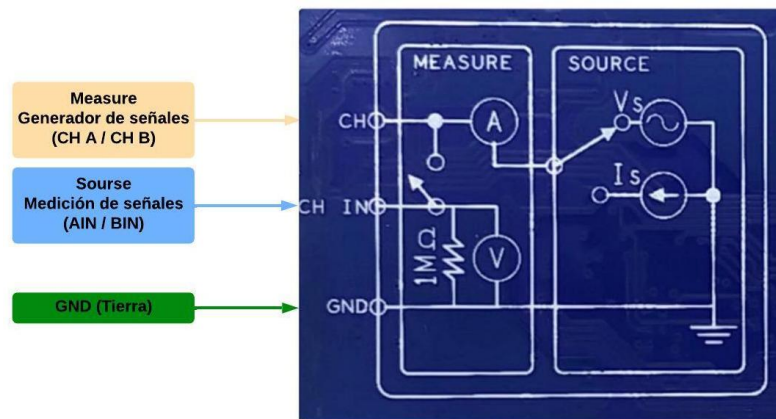


Figura 36. Diagrama de bloques ADALM1000.

Pines de salida digital ADALM1000

El ADALM1000 cuenta con un conjunto de entrada/salida, digitales a través del conector del puerto digital, como se muestra en la **Figura 37**. Este conjunto incluye:

- **Pines digitales:** Cuatro pines de uso general denominados PIO 0, PIO 1, PIO 2 y PIO 3.
- Fuente de alimentación de 3.3V.
- Conexión a tierra (GND).

Estos pines digitales pueden ser utilizados para realizar diversas mediciones y pruebas en circuitos electrónicos.

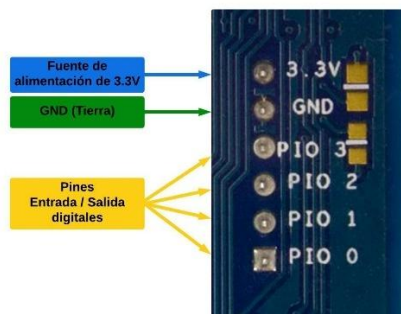


Figura 37. Pines de salida digital ADALM1000.

2. LTspice:

González (2018), define a LTspice como un simulador de circuitos eléctricos y electrónicos de acceso gratuito desarrollado por Analog Devices. Permite diseñar y simular circuitos antes de su implementación física, ofreciendo análisis en corriente continua (DC), corriente alterna (AC) y análisis transitorio.

LTspice facilita la planificación y optimización de circuitos eléctricos mediante simulaciones detalladas. En esta investigación, se realizaron análisis teóricos con LTspice y se

verificaron los resultados construyendo los circuitos físicamente en un Protoboard. Los resultados experimentales se evaluaron utilizando el ADALM1000.

Instalación de LTspice: LTspice se puede descargar desde la página oficial de Analog Devices a través del siguiente enlace: <https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html> ver **Figura 38**.

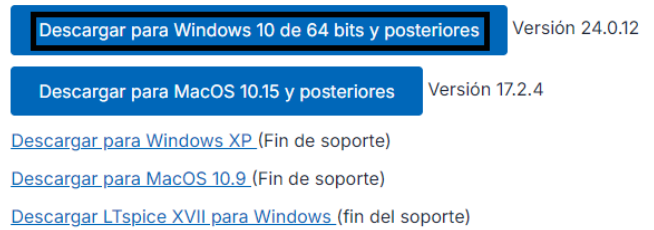


Figura 38. Enlace para descargar LTspice.

Barra de herramientas y atajos de teclado: Durante la investigación, se utilizaron atajos de teclado en LTspice para facilitar y acelerar el diseño y la simulación de circuitos eléctricos ver **Figura 39**. La **Tabla 6** ofrece una descripción detallada de cada uno de los atajos, los cuales resultaron esenciales para optimizar la construcción y simulación de los circuitos eléctricos.

Configuración

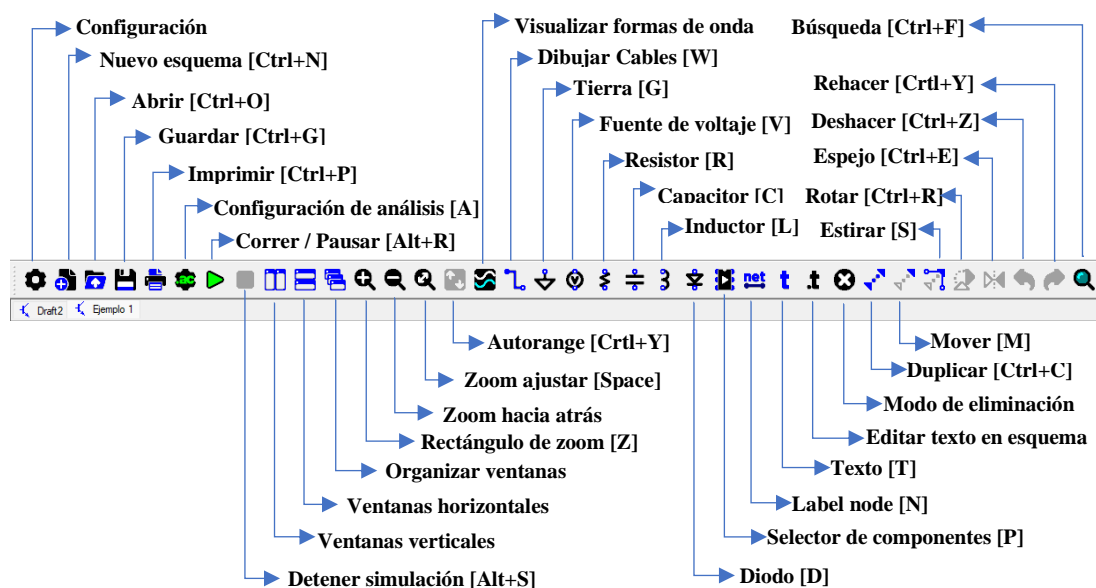


Figura 39. Barra de herramientas LTspice.

Tabla 6. Descripción de comandos de barra de herramientas en LTspice.

Nombre	Atajo	Descripción
Settings		Configura las opciones generales del programa.
New Schematic	(Ctrl+N)	Crea un nuevo esquema de circuito.
Open	(Ctrl+O)	Abre un archivo de esquema de circuito existente.
Save	(Ctrl+G)	Guarda el esquema de circuito actual.
Print	(Ctrl+P)	Imprime el esquema de circuito actual.
Configure Analysis	(A)	Configura los parámetros de análisis de simulación (análisis transitorio, AC, DC, etc.).
Run / Pause	(Alt+R)	Inicia o pausa la simulación del circuito.
Halt	(Alt+S)	Detiene la simulación del circuito.
Tile windows vertically		Organiza las ventanas abiertas verticalmente.
Tile windows horizontally		Organiza las ventanas abiertas horizontalmente.
Cascade windows		Superpone las ventanas abiertas en cascada.
Zoom to rectangle	(Z)	Acerca una región específica del esquema seleccionada con un rectángulo.
Zoom back	(Shift+Z)	Aleja al nivel de zoom anterior.
Zoom to fit	(Space)	Ajusta la vista para que todo el esquema sea visible en la ventana.
Autorange	(Ctrl+Y)	Ajusta automáticamente la escala de los ejes en una gráfica de simulación para que todos los datos sean visibles.
Pick visible traces		Selecciona las trazas visibles en la gráfica de simulación.
Wire	(W)	Herramienta para dibujar conexiones (cables) entre componentes del circuito.
Ground	(G)	Inserta un nodo de tierra en el esquema.
Voltage source	(V)	Inserta una fuente de voltaje.
Resistor	(R)	Inserta un resistor.
Capacitor	(C)	Inserta un capacitor.
Inductor	(I)	Inserta un inductor.
Diode	(D)	Inserta un diodo.
Component	(P)	Inserta un componente genérico (permite seleccionar de una lista de componentes).
Label net	(N)	Añade etiquetas a las redes (conexiones) en el esquema.
Text	(T)	Inserta texto en el esquema.
Spice directive	(.)	Añade directivas SPICE para la simulación.
Delet mode	(supr)	Elimina componentes o conexiones seleccionadas.
Duplicate mode	(Ctrl+C)	Duplica los componentes o conexiones seleccionadas.
Move mode	(M)	Mueve componentes o conexiones seleccionadas.
Strech mode	(S)	Estira o ajusta la longitud de los cables en el esquema.
Rotate	(Ctrl+R)	Rota los componentes seleccionados.
Mirror	(Ctrl+E)	Refleja el elemento seleccionado.
Undo	(Ctrl+Z)	Deshace la última acción.
Redo	(Ctrl+Shift+Z)	Rehace la última acción deshecha.
Search	(Ctrl+F)	Abre la función de búsqueda para encontrar componentes o texto dentro del esquema.

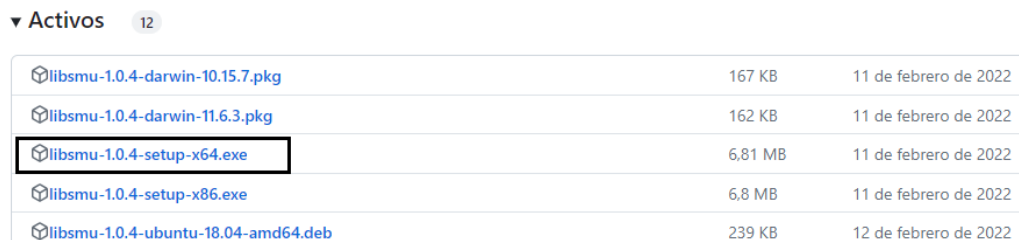
3. Alice:

Según Analog Devices & Mercer (2022), Alice es un software de acceso libre desarrollado por Analog Devices, diseñado específicamente para funcionar con el Pocket Lab Adalm1000. Integra funciones de Osciloscopio, generador de señales y otros instrumentos de laboratorio. Permite a los usuarios realizar experimentos prácticos en circuitos eléctricos, facilitando la visualización, análisis y manipulación de señales en tiempo real.

Instalación de Alice desktop: La instalación de Alice desktop se la realiza de la siguiente manera:

Instalación de Libsmu: Libsmu es una biblioteca esencial para el ADALM1000, permite la transmisión de datos entre el software y el dispositivo a través de USB. Se puede descargar desde el siguiente enlace: <https://github.com/analogdevicesinc/libsmu/releases> ver

Figura 40.

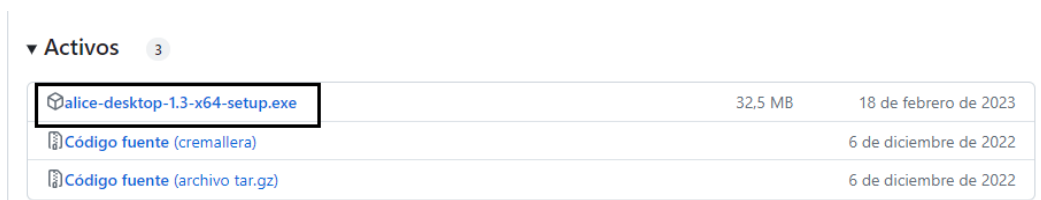


Activos	12	
libsmu-1.0.4-darwin-10.15.7.pkg	167 KB	11 de febrero de 2022
libsmu-1.0.4-darwin-11.6.3.pkg	162 KB	11 de febrero de 2022
libsmu-1.0.4-setup-x64.exe	6,81 MB	11 de febrero de 2022
libsmu-1.0.4-setup-x86.exe	6,8 MB	11 de febrero de 2022
libsmu-1.0.4-ubuntu-18.04-amd64.deb	239 KB	12 de febrero de 2022

Figura 40. Instalador Libsmu 1.0.4.

Instalación de ALICE Desktop: Una vez completada la instalación de Libsmu, se procede a instalar el programa ejecutable ALICE Desktop-1.6. Se puede descargar desde el siguiente enlace: <https://github.com/analogdevicesinc/alice/releases> ver

Figura 41.



Activos	3	
alice-desktop-1.3-x64-setup.exe	32,5 MB	18 de febrero de 2023
Código fuente (cremallera)		6 de diciembre de 2022
Código fuente (archivo tar.gz)		6 de diciembre de 2022

Figura 41. Instalador de Alice desktop.

Funcionalidades de Alice Desktop:

Osciloscopio de ALICE: Permite a los usuarios visualizar, medir y analizar señales eléctricas de manera eficiente, facilitando la experimentación y el aprendizaje, ver **Figura 42.**

Las leyendas de las señales se indican de la siguiente manera:

- **CA-V (Verde):** Voltaje en el canal A.
- **CA-I (Cian):** Corriente en el canal A, medida en miliamperios.
- **CB-V (Naranja):** Voltaje en el canal B.

- **CAV-CBV (Morado):** Traza matemática que representa la diferencia entre los voltajes de los canales A y B.

Estas gráficas muestran la variación del voltaje y la corriente a lo largo del tiempo.

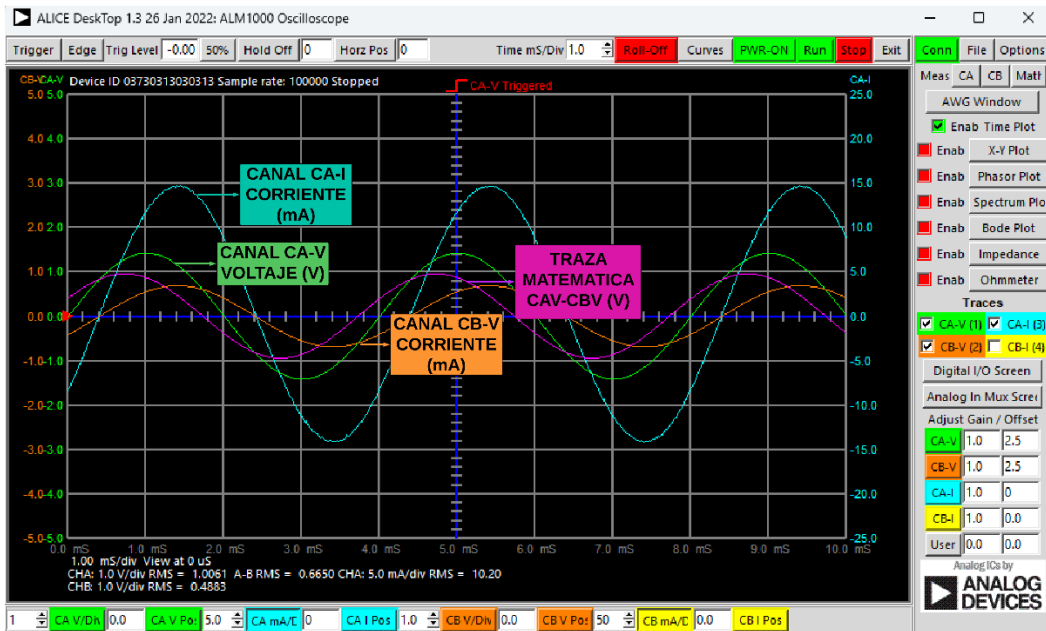


Figura 42. Osciloscopio de Alice.

En la **Figura 43** se presenta un diagrama de flujo que ilustra las principales funcionalidades y procesos del osciloscopio de ALICE. Este análisis es fundamental para comprender las capacidades del software ALICE.

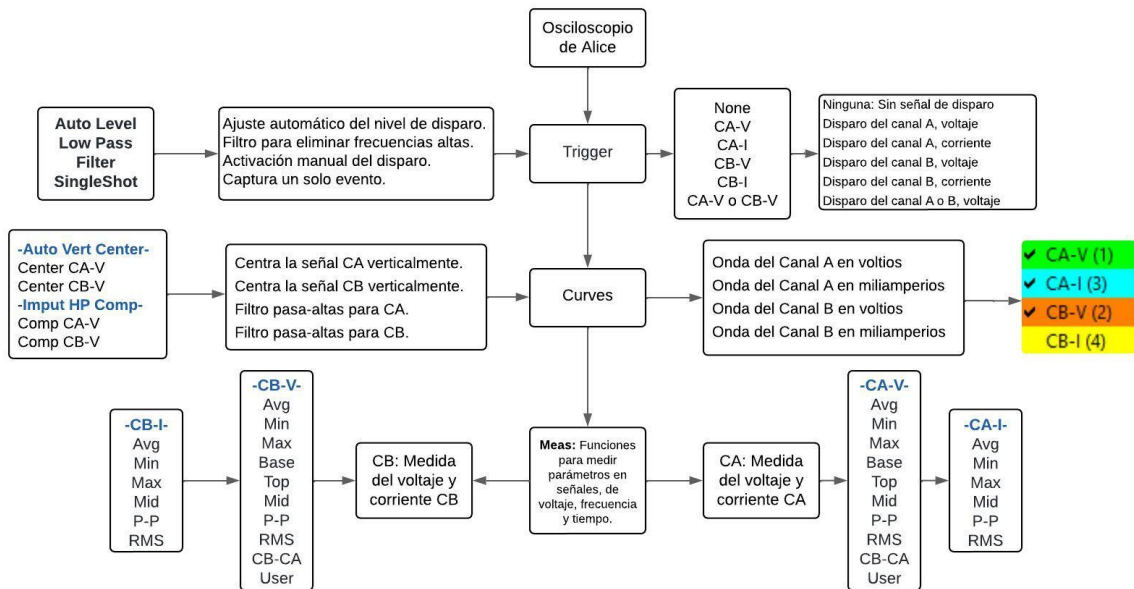


Figura 43. Diagrama de flujo Osciloscopio de Alice.

Las principales funcionalidades del software ALICE son:

- **Trigger:** Controla la captura de señales y permite ajustar la sincronización de las observaciones mediante opciones automáticas y manuales.
- **Curves:** Facilita la visualización de las ondas de los canales A y B, mostrando las señales en voltios o miliamperios para un análisis detallado.

Mediciones: Proporciona herramientas para medir el voltaje y la corriente en los canales CA y CB, incluyendo datos como promedio, mínimo y máximo.

La traza matemática en el osciloscopio de Alice cumple la función calcular y visualizar la diferencia entre el voltaje del canal A y el canal B. Esto facilita la observación del voltaje en el condensador en circuitos RC y del voltaje en el inductor en circuitos RL, ambos análisis enfocados en el factor de potencia, ver **Figura 44**.

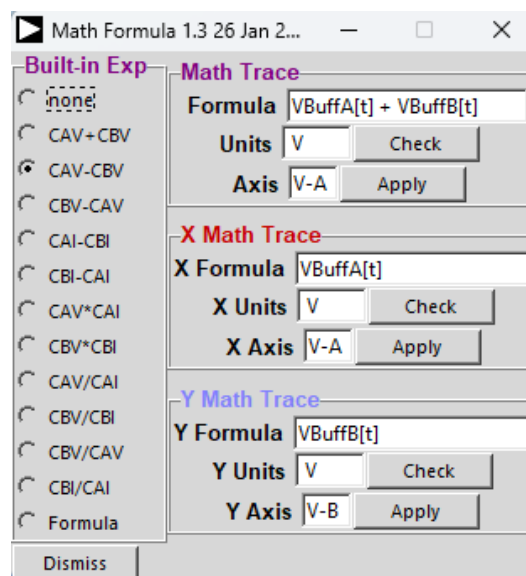


Figura 44. Pantalla de control de trazas matemáticas.

Generador de formas de Ondas AGW:

El Generador de Formas de Ondas AGW, integrado en el osciloscopio de ALICE, desempeñó un papel crucial en el análisis de circuitos en corriente alterna (AC). Su función principal fue permitir la configuración precisa de señales senoidales en los canales CA y CB, tanto de corriente como de voltaje ver **Figura 45**.

- **Generación de Señales Senoidales:** Facilita la creación de ondas senoidales con características específicas, esenciales para simular condiciones reales en el análisis de circuitos AC.
- **Configuración según Actividades:** Permitió implementar las configuraciones recomendadas en las actividades seleccionadas de la página de Analog Devices. Esto incluyó ajustar parámetros como frecuencia y amplitud de las ondas senoidales, de acuerdo con los requisitos de cada actividad.

- **Evaluación y Análisis:** Las señales generadas por el AGW se utilizaron para evaluar el comportamiento de los circuitos en función del tiempo, proporcionando datos precisos para el análisis y verificación experimental.

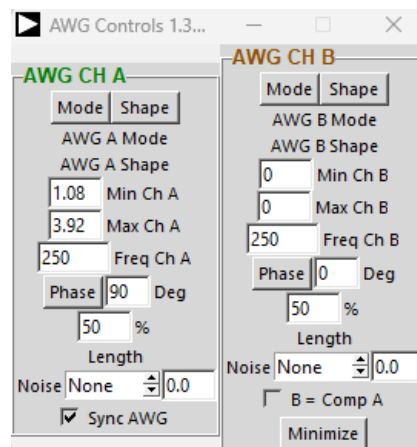


Figura 45. Generador de forma de Onda arbitraria AGW.

Complementos de Alice para Medición en Corriente Continua:

Alice M1K Volt Meter: El uso del medidor de voltaje Alice M1K Volt Meter permitió la medición de voltaje en circuitos de corriente continua (DC), ver **Figura 46**.

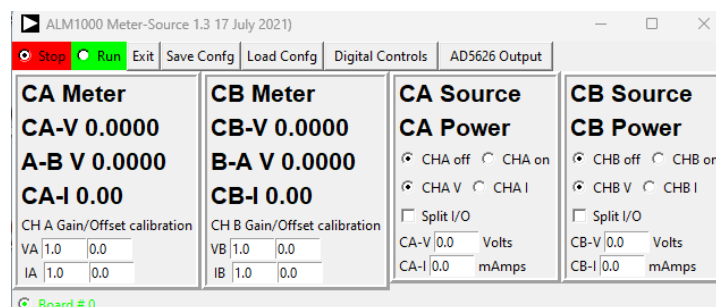


Figura 46. Alice M1k Meter Source.

Alice M1K Ohm Meter: Utilizado para medir resistencias en circuitos eléctricos de corriente continua (DC) ver **Figura 47**.

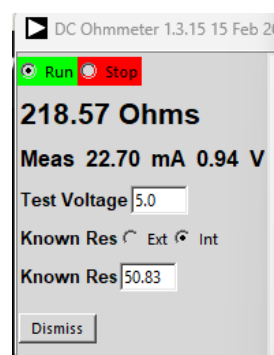


Figura 47. Alice Ohm Meter.

La utilización de estos medidores en corriente continua (DC), junto con LTspice, permitió la verificación tanto de las simulaciones como de los resultados experimentales, garantizando así una consistencia entre ambos métodos.

4. Live Script de Matlab:

La metodología implementada se basó en el uso de Live Scripts de Matlab para adaptar las guías prácticas tradicionales a un formato interactivo, visual y de fácil comprensión para los estudiantes utilizando el Pocket Lab ADALM1000. Este enfoque permitió integrar cálculos teóricos, simulación, análisis y mejora del factor de potencia, así como experimentación en tiempo real, facilitando la comprensión de conceptos clave y su aplicación práctica.

Procedimiento General

1. Medición en Circuitos DC (Práctica 1):

- **Verificación de Leyes de Kirchhoff:**

Se verificaron las leyes de Kirchhoff de voltaje y corriente en circuitos de corriente continua (DC).

- **Herramientas utilizadas:**

Se utilizaron las herramientas complementarias del ADALM1000:

- **Alice M1k Volt Meter**
- **Alice M1k Ohm Meter**

- **Evaluación de Precisión:**

Comparación entre los resultados obtenidos mediante cálculo, simulación en LTspice y mediciones experimentales con Alice.

- **Cálculo de Error Porcentual:**

A partir de la comparación, se calculó el error porcentual para evaluar la exactitud de las mediciones en tiempo real con el ADALM1000.

2. Adquisición de Datos (Práctica 2 y 3):

- Se inició el proceso con la exportación de mediciones desde el Osciloscopio Alice en formato .CSV.
- Los datos obtenidos fueron importados a MATLAB, donde se convirtieron al formato .mat para facilitar su procesamiento y análisis posterior.

3. Preparación de Datos y Representación Gráfica

- Los datos de los canales A y B del osciloscopio fueron procesados para generar representaciones gráficas de variables clave como voltaje (V_{rms}) y corriente (I_{rms}).

- También se calcularon parámetros esenciales para el análisis como voltaje en la resistencia (VR), voltaje en el capacitor (VC), voltaje en el inductor (VL), así como las potencias Real (P), Reactiva (Q) y Aparente (S).

4. Análisis del Factor de Potencia

- Utilizando los valores obtenidos, se determinó el ángulo de desfase y el factor de potencia en circuitos RC y RL.
- Para mejorar el factor de potencia, se asumió un valor objetivo de 0.9, lo que permitió calcular la capacitancia requerida para su corrección.

5. Verificación y Análisis de Resultados

- Finalmente, se validaron los cálculos realizados y se analizaron los resultados obtenidos.

5.2.2 Segundo objetivo

Para el desarrollo del segundo objetivo denominando: “Identificar y establecer los requerimientos para elaborar guías prácticas basadas en la teoría de circuitos utilizando el Pocket Lab adalm1000 y sus complementos” se tomaron las siguientes consideraciones:

Primer Paso:

Análisis de los sílabos de circuitos eléctricos: Se analizaron los sílabos de circuitos eléctricos I y II para identificar las prácticas más relevantes y representativas. Se consideraron los siguientes temas:

Sílabo de circuitos eléctricos I: De este sílabo, se identificaron y seleccionaron los siguientes temas para el análisis de circuitos de corriente continua (DC):

- Ley de Ohm, energía y potencia eléctrica.
- Análisis por nodos y mallas
- Teoremas de circuitos y conversiones

A partir de estos temas se seleccionó la siguiente práctica a realizar con el ADALM1000:

- **Práctica 1:** Leyes de tensión y corriente de Kirchhoff utilizando el ADALM1000.

Sílabo de circuitos eléctricos II: En este sílabo, se enfocaron en los temas relevantes para el análisis de circuitos de corriente alterna (AC), específicamente:

- Mejora del factor de potencia.

Se seleccionaron las siguientes prácticas relacionadas:

- **Práctica 2:** Análisis del factor de potencia en circuitos RC.

- **Práctica 3:** Análisis y corrección del factor de potencia en circuitos RL.

En la **Tabla 7**, se muestra la distribución detallada de cada práctica, de acuerdo con los lineamientos de los sílabos.

Tabla 7. *Distribución de las prácticas.*

Prácticas	Sílabo
Práctica 1 Leyes de tensión y corriente de Kirchhoff, para ADALM1000	Unidad 1 Circuitos Eléctricos I: Ley de ohm, energía y potencia eléctrica.
Práctica 2 Análisis del factor de potencia en circuitos RC.	Unidad 3 Circuitos Eléctricos II: Mejorar el factor de potencia.
Práctica 3 Corrección del factor de potencia en circuitos RL.	Unidad 3 Circuitos Eléctricos II: Mejorar el factor de potencia.

Nota. En la tabla se muestran las guías prácticas a implementar utilizando el ADALM100 y sus complementos.

Segundo paso:

Ajustar modelos de prácticas: Luego de seleccionar las prácticas relevantes, se procedió adaptarlas en un formato de implementación con el Pocket Lab ADALM1000. Este proceso incluyó los siguientes pasos:

1. Análisis de las Prácticas Existentes:

- Se tomaron como base para el análisis dos modelos de prácticas proporcionados por los responsables de taller eléctrico y laboratorio de máquinas hidráulicas.
- Se identificaron los pasos a realizar en cada una de la práctica para adaptarlas a la utilización del Pocket Lab ADALM1000.

2. Consulta de Actividades Recomendadas:

De la página del fabricante, se seleccionaron las siguientes actividades para adaptar los modelos de prácticas al Pocket Lab ADALM1000:

- Actividad: Leyes de voltaje y corriente de Kirchhoff, para ADALM1000. Enlace [<https://wiki.analog.com/university/courses/alm1k/circuits1/alm-cir-1>].
- Tema de capacitación 9 de ADALM1000 SMU: Potencia y factor de potencia en circuitos de CA. Enlace [<https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/studentzone/studentzone-september-2018.html>].

Estas actividades proporcionaron una referencia para el diseño y ajuste de las prácticas, asegurando una adecuada adaptación al Pocket Lab ADALM1000.

3. Revisión de la Base Teórica: En este apartado, se detalla el conocimiento teórico que se debe tener en cuenta para la elaboración de las guías prácticas relacionadas con los siguientes temas:

Leyes de Tensión y Corriente de Kirchhoff utilizando el Pocket Lab ADALM1000:

- **Ley de Voltajes de Kirchhoff (LVK):** Esta ley establece que la suma algebraica de todos los voltajes en un lazo cerrado es igual a cero. Es fundamental para el análisis y la verificación de circuitos eléctricos con el ADALM1000.
- **Ley de Corrientes de Kirchhoff (LCK):** Esta ley establece que la suma algebraica de las corrientes en un nodo es igual a cero. Este principio es clave para el análisis de circuitos y verificación los resultados obtenidos con el ADALM1000.

Corrección del Factor de Potencia en Circuitos RC y RL:

Para llevar a cabo la corrección del factor de potencia en circuitos RC y RL, es fundamental considerar los siguientes aspectos:

- **Configuración del Osciloscopio de Alice:** Tener conocimiento detallado de la configuración del Osciloscopio, incluyendo la generación de ondas sinusoidales. Los datos proporcionados por el osciloscopio incluyen el voltaje RMS, corriente RMS, voltaje del resistor, voltaje del capacitor, voltaje del inductor.
- **Cálculo del factor de potencia:** En base a los datos proporcionados por el Osciloscopio se realizan los pasos para cálculo del factor de potencia.
- **Corrección del factor de potencia:** Capacidad de interpretar los datos asumidos con el objetivo de mejorar el factor de potencia, calculando una nueva capacitancia que debe implementarse en paralelo al elemento capacitivo o inductivo.

Es imprescindible seguir las indicaciones proporcionadas por el fabricante para llevar a cabo las actividades de manera correcta y evitar errores de medición.

Tercer paso:

Determinación de los materiales necesarios: Para llevar a cabo las prácticas relacionadas con la Ley de Kirchhoff, y la corrección del factor de potencia en circuitos RC y RL, es esencial contar con los siguientes materiales, elementos y accesorios:

1. Leyes de Tensión y Corriente de Kirchhoff utilizando el Pocket Lab ADALM1000:

- Pocket Lab ADALM1000.
- Alice M1k Meter Source.
- Alice M1K Volt Meter.
- Alice M1K Ohm Meter.
- Protoboard.
- Resistencias: $1\text{k}\Omega$, $1.5\text{k}\Omega$, $1.2\text{k}\Omega$, $2.2\text{k}\Omega$, $1\text{k}\Omega$.
- Cables de conexión.
- Multímetro.

2. Corrección del Factor de Potencia en Circuitos RC y RL:

- Pocket Lab ADALM1000.
- Osciloscopio de Alice.
- **Valores de referencia:** Voltaje RMS, corriente RMS, voltaje del resistor, voltaje del capacitor, voltaje del inductor.
- Protoboard.
- Resistencia: 47Ω .
- Capacitor: $10\mu\text{F}$.
- Inductor: 5 Inductores de 10mH .
- Cables de conexión.

Cuarto Paso:

Configuración de software Alice: En este paso se detallan las configuraciones realizadas para la elaboración de las prácticas seleccionadas. Se aclara que no se hace una descripción del software LTspice y Matlab, ya que estos programas se utilizaron en su configuración predeterminada sin ajustes adicionales.

1. Configuración para circuitos de corriente continua (DC):

Para realizar las prácticas 1 y 2 relacionadas con circuitos de corriente continua, se utilizaron herramientas complementarias del software Alice, que incluyen:

- Alice M1K Meter Source.

- Alice M1K Volt Meter.
- Alice M1K Ohm Meter.

Dado que estas herramientas trabajan con corriente continua, la única configuración necesaria es ajustar el rango de medición de la fuente de alimentación a voltajes fijos de 0 o 5V, según lo requiera cada práctica. Esta configuración permite realizar las mediciones adecuadas para analizar la Ley de Kirchhoff y el Teorema de Thévenin.

2. Configuración para circuitos de corriente Alterna (AC):

Para las prácticas 3 y 4, que se centran en circuitos de corriente alterna, la configuración del software Alice se ha simplificado en la **Figura 48** y **Figura 49**. Estas imágenes presentan diagramas representativos que indican claramente los ajustes y configuraciones esenciales para el osciloscopio y el generador de señales (AWG), simplificando el procedimiento de configuración tradicional y complejo a un procedimiento claro y entendible.

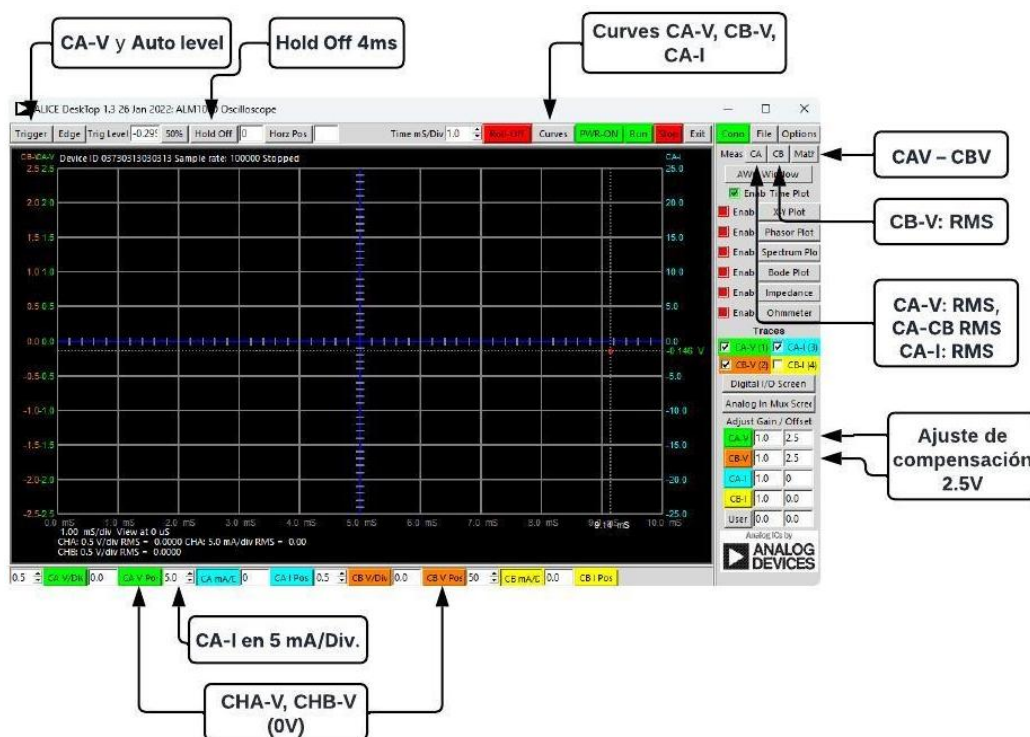


Figura 48. Configuración del Osciloscopio de Alice.

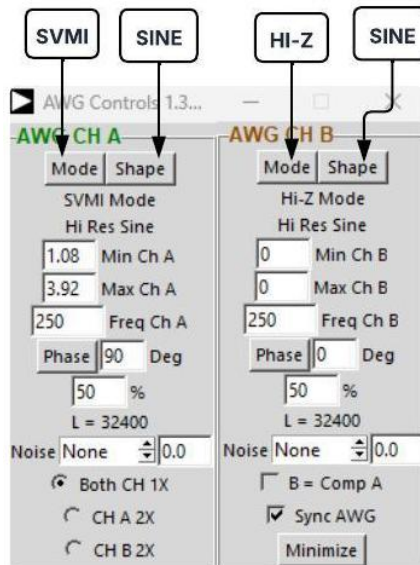


Figura 49. Configuración del generador de señales AWG.

5.2.3 Tercer objetivo

Para el desarrollo del tercer objetivo denominando: “Desarrollar guías prácticas en formato de documentos interactivos, conocidos como Live Scripts, que faciliten el análisis y la validación de la teoría de circuitos con datos simulados y experimentales” se tomaron las siguientes consideraciones:

Live Scribd de Matlab: En este apartado indican los pasos seguidos para diseñar las prácticas seleccionadas en formato Live Scribd de Matlab. A continuación, se detalla el diseño de cada una:

Primer Paso:

Practica 1: Leyes de tensión y corriente de Kirchhoff utilizando el Pocket Lab ADALM1000.

Esta práctica se encuentra dividida en 4 secciones principales: Cálculos teóricos, Simulación en LTspice, Experimentación con el Pocket Lab ADALM1000 y Análisis de prueba error.

A continuación, se describen en detalle cada una de estas secciones:

Cálculos teóricos:

Objetivo: Verificar teóricamente las Leyes de voltaje y corriente de Kirchhoff.

Descripción del procedimiento:

1. Análisis del circuito base:

- De la página del fabricante Analog Devices, se seleccionó un esquema base compuesto de dos mallas con de resistencias y una fuente de 5 voltios DC.

- El circuito base, se implementó en un Protoboard y se utilizó **Alice Ohm Meter** para medir los valores de cada resistencia.
- Posteriormente, se actualizó el esquema con los valores medidos de cada resistencia obtenida mediante el Alice Ohm Meter, para reflejar con precisión las mediciones reales en el modelo base.

2. Análisis matemático del circuito:

- Utilizando las Leyes de Voltaje y corriente de Kirchoff, se procedió a realizar el análisis de mallas y nodos para determinar las ecuaciones correspondientes de corriente y voltaje en cada malla del circuito.
- Las ecuaciones obtenidas se simplificaron utilizando la Ley de Ohm, permitiendo reducir el número de ecuaciones a dos ecuaciones generales. Posteriormente, el sistema de ecuaciones fue resuelto utilizando el método de resolución de matrices.

Simulación LTspice

Objetivo: Simular el circuito utilizando LTspice.

Descripción del procedimiento:

1. Preparación de la simulación
 - Se utilizó LTspice para simular el circuito, incorporando los valores de resistencia medidos previamente en **Alice M1k Ohm Meter**.
2. Proceso de obtención de datos
 - Se configuró el punto de operación en el circuito de corriente continua (DC), esta configuración permitió determinar los voltajes y corrientes en cada nodo. Utilizando la ley de Ohm se determinaron los voltajes y corrientes faltantes. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos de la simulación con los cálculos matemáticos previos.

Experimentación Pocket Lab ADALM1000

Objetivo: Realizar mediciones experimentales de voltajes y corrientes.

Descripción del procedimiento:

1. Montaje experimental
 - El circuito base se montó en un Protoboard, siguiendo los parámetros del esquema inicial.
 - Se conectaron los canales de medición del ADALM1000 a cada punto correspondiente como indica el fabricante.

- Se verificaron todas las conexiones del circuito para asegurar la correcta medición en cada punto del circuito.
2. Proceso de medición
- Se utilizaron los canales AIN, BIN, fuente de voltaje DC de 5V y GND del ADALM1000 para obtener lecturas correctas de los valores de las resistencias, así como las mediciones de voltaje y corriente.
 - Se realizó un análisis de los resultados medidos experimentalmente para verificar la precisión de los resultados calculados y simulados previamente.

Análisis prueba error

Objetivo: Evaluar la precisión entre valores teóricos, simulados y experimentales.

Descripción del procedimiento:

1. Cálculo de errores porcentuales
- Se procedió a calcular los errores porcentuales entre los valores simulados y experimentales. Esto permitió evaluar la precisión de los resultados obtenidos en la simulación en relación comparación con las mediciones experimentales.
 - El objetivo fue determinar si el porcentaje de error se encontraba en el rango $\pm 5\%$, lo que indica una buena correlación entre los resultados medidos y experimentales.

Segundo Paso:

Práctica 2: Análisis del factor de potencia en circuitos RC.

Objetivos:

- Construcción del Circuito RC.
- Configuración inicial del osciloscopio.
- Calcular potencia real, reactiva y aparente.
- Determinar del Factor de Potencia y el ángulo de fase.
- Trazas del Osciloscopio.

Descripción del procedimiento:

1. Preparación del circuito:
- Se seleccionaron los materiales según las especificaciones del fabricante.
 - El circuito RC se montó en un Protoboard, siguiendo las indicaciones del fabricante y verificando las conexiones correctas.
2. Configuración de instrumentación:

- Se procedió a configurar el osciloscopio de Alice, este paso es de vital importancia para seguir las indicaciones del fabricante con precisión para evitar errores de mediciones.
- En base a la configuración del Osciloscopio de Alice se determinó los parámetros iniciales como voltaje RMS, corriente RMS, voltaje en el capacitor, voltaje en la resistencia, entre otros.

Mediciones y cálculos

- Una vez registrados cada parámetro inicial que el Osciloscopio de Alice se procede a calcular cada potencia real, reactiva y aparente.
- Se procedió a determinar el factor de potencia y el ángulo de desfase.

Trazas del Osciloscopio:

Procedimiento para el análisis:

- Del osciloscopio de Alice se exportó un archivo de texto en formato.csv para luego importarlos en Live Script de Matlab. Para luego proceder a graficar el canal A y B correspondientes al Voltaje.
- Utilizando un código Live Script se lograron visualizar los puntos se midió la diferencia de tiempo entre los cruces por cero de las trazas de voltaje y corriente.
- A partir de esta diferencia de tiempo, se determinó el ángulo de fase (θ) entre las señales de voltaje y corriente.
- Este ángulo de fase fue utilizado para calcular el factor de potencia del circuito y proceder a la comparación del ángulo calculado con el medido.

Tercer Paso:

Práctica 3: Corrección del factor de potencia en circuitos RL.

1. Objetivos:

- Medir la resistencia CC del inductor.
- Construir el circuito RL.
- Configuración inicial del osciloscopio.
- Calcular potencias real, reactiva y aparente.
- Determinar del Factor de Potencia y el ángulo de fase.
- Mejorar el factor de potencia.

2. Descripción del procedimiento:

1. Preparación del circuito:

- Se midió la resistencia interna de los inductores usando Alice Ohm Meter.

- Se construyó el circuito RL en Protoboard usando cuatro inductores de 10mH en serie y una resistencia de 47Ω .
 - Se realizaron las conexiones al módulo ADALM1000 siguiendo el esquema proporcionado.
2. Configuración de instrumentación:
- Se configuró el osciloscopio Alice con los parámetros especificados por el fabricante.
 - Se ajustó el generador de señales AWG a 250Hz con una onda sinusoidal.
 - Se configuraron las mediciones RMS para voltaje y corriente.
3. Procedimiento para el análisis:
- Se exportaron los datos del osciloscopio en formato CSV.
 - Se procesaron los datos en MATLAB para visualizar las formas de onda.
 - Se determinó la gráfica de voltaje CAV en función del tiempo.
 - Se determinó la gráfica de voltaje CBV en función del tiempo.
 - Se determinó la gráfica de corriente CAI en función del tiempo.
 - Se determinó la gráfica de voltaje CAV y CBV en función del tiempo.
- 3. Mediciones y cálculos:**
- Se registraron los valores RMS de voltaje y corriente del circuito.
 - Se registraron los valores de voltaje en el resistor y voltaje en el inductor.
 - Se calcularon las potencias real, reactiva y aparente.
 - Se determinó el factor de potencia inicial y el ángulo de desfase.
- 4. Corrección del factor de potencia:**
- Se calculó el valor del capacitor necesario para mejorar el factor de potencia.
 - Se implementó la corrección usando un capacitor de $2.2\mu\text{F}$.
 - Se realizaron nuevas mediciones para verificar la mejora del factor de potencia.
4. Proceso de corrección
- Con el factor de potencia determinado, se asumió un nuevo factor de potencia objetivo en el rango de 0.7 a 0.9. A continuación, se calculó el ángulo de desfase, potencia reactiva a compensar, para luego determinar el capacitor necesario existente en el mercado.
 - Por último, se procedió a realizar los cálculos de potencia real, reactiva, aparente, así como el nuevo factor de potencia y ángulo de desfase, logrando así una mejora del factor de potencia.

El procedimiento metodológico que se siguió en este trabajo de titulación se muestra en el flujograma de la **Figura 50**.

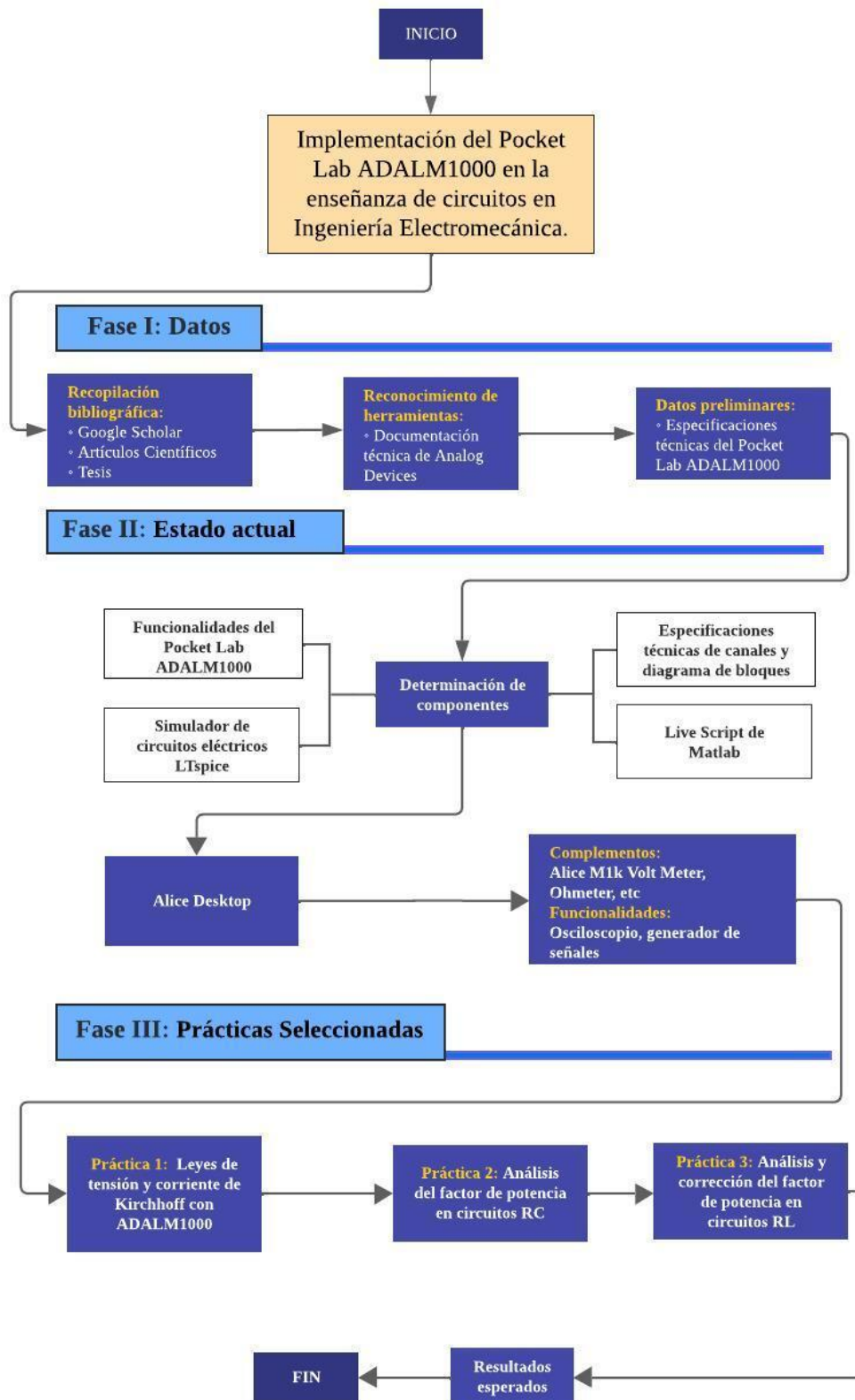


Figura 50. Flujograma para el desarrollo del trabajo de titulación.

6 Resultados

6.1 Resultados de la práctica 1

A continuación, se detallan pasos seguidos para la implementación satisfactoria de la práctica 1:

6.1.1 Cálculos teóricos:

6.1.1.1 Descripción del procedimiento:

1. Análisis del circuito base: En la **Figura 51** muestra la imagen del esquema del circuito, obtenida de la página oficial del fabricante. En la **Figura 52** se muestra cómo se representa dicho esquema dentro del entorno Live Script de MATLAB.

Figura 1. Esquema del circuito con medidas de resistencias ideales.

```
%Cargar Figura1
imshow("figura1.jpg");
% Agregar título a la figura
title("Figura 1. Esquema del circuito.");
```

Figura 51. Código para mostrar el esquema del circuito.

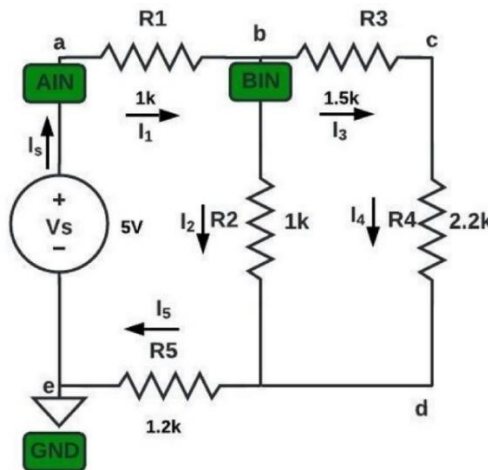


Figura 52. Esquema inicial del circuito.

2. Esquema del circuito en LTspice: La **Figura 53** ilustra el esquema del circuito tal como se visualiza en el software de simulación, considerando medidas ideales.

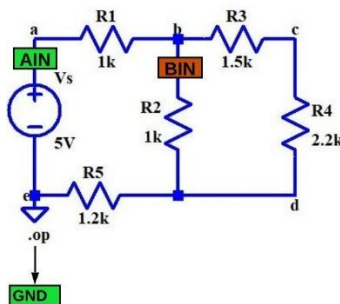


Figura 53. Implementación del circuito en LTspice.

3. Esquema del circuito en Protoboard y conexión al ADALM1000: La **Figura 54** presenta la conexión realizada en Protoboard, con leyendas que detallan el proceso de conexión de cada cable, desde el circuito hasta el Pocket Lab ADALM1000. Estas leyendas proporcionan claridad sobre los pasos seguidos en la implementación de la conexión.

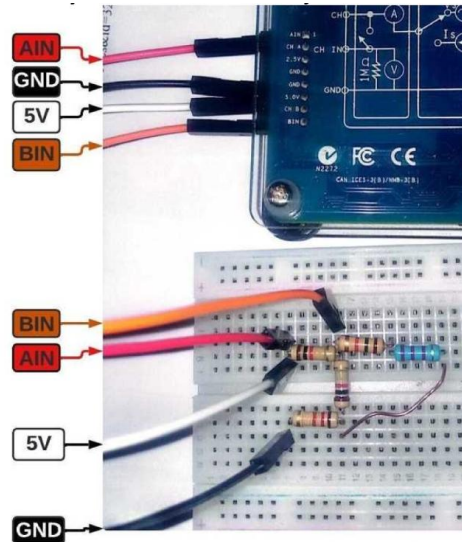


Figura 54. Montaje del circuito en Protoboard y conexión al ADALM1000.

4. Mediciones de resistencias en ADALM1000: La **Figura 55** muestra la conexión física entre el Protoboard y el ADALM1000, con detalles sobre cómo conectar correctamente los cables para llevar a cabo las mediciones de cada resistencia.

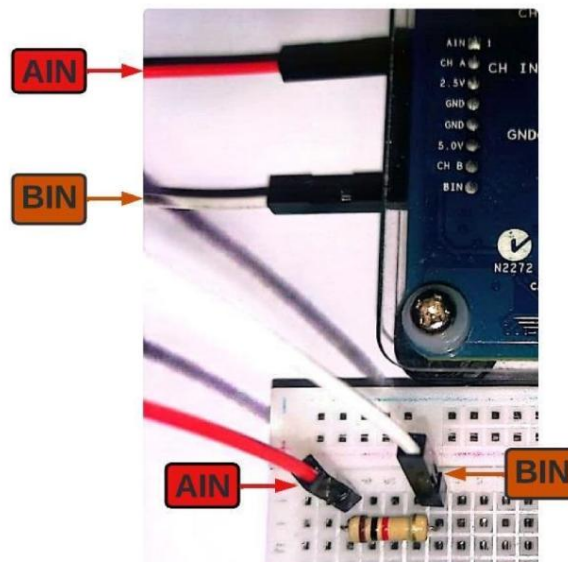


Figura 55. Conexión del Protoboard al ADALM1000 para mediciones.

La **Figura 56** presentan las lecturas de cada resistencia obtenidas con el Alice M1K Ohm Meter, datos esenciales para los cálculos teóricos, simulaciones en LTspice y mediciones experimentales con el ADALM1000.

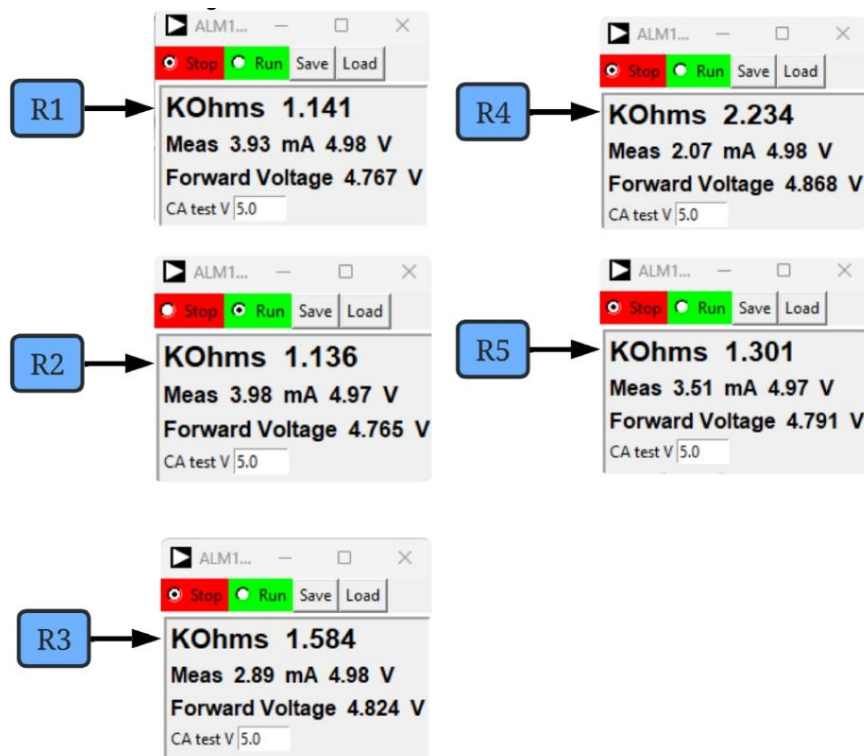


Figura 56. Medición de resistencias con ADALM1000.

- **R1** = 1.141k Ω
- **R2** = 1.136k Ω
- **R3** = 1.584k Ω
- **R4** = 2.234k Ω
- **R5** = 1.301k Ω

6.1.1.2 Análisis teórico del circuito:

En esta sección se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de las Leyes de Kirchhoff para determinar las corrientes y tensiones en los nodos y componentes del circuito. A continuación, se muestran los pasos realizados para este análisis:

1. **Datos conocidos:** En la **Figura 57** se presenta el código donde se definen los valores de las resistencias y el voltaje de la fuente, basados en las mediciones experimentales previas. Este código es fundamental para establecer las condiciones iniciales del análisis.

```

R1 = 1.141E3; % Ohm
R2 = 1.136E3; % Ohm
R3 = 1.584E3; % Ohm
R4 = 2.234E3; % Ohm
R5 = 1.301E3; % Ohm
Vs = 5;      % Voltios

```

Figura 57. Código para la definición de valores de resistencias y fuente de voltaje.

2. Determinación de ecuaciones por ley de Kirchoff: A continuación, se presentan las ecuaciones obtenidas a partir de la aplicación de las Leyes de Kirchoff de Corriente y Voltaje:

- Ecuación 1: $-V_s + V_1 + V_2 + V_5 = 0$
- Ecuación 2: $-V_2 + V_3 + V_4 = 0$
- Ecuación 3: $-I_s + I_1 = 0$
- Ecuación 4: $-I_1 + I_2 + I_3 = 0$
- Ecuación 5: $-I_3 + I_4 = 0$
- Ecuación 6: $-I_2 - I_4 + I_5 = 0$

3. Reducción de ecuaciones usando Ley de Ohm: A continuación, se presentan las ecuaciones reducidas mediante ley de Ohm partiendo de la ecuación 1 y ecuación 2:

- Ecuación 7: $2.442E3 * I_1 + 1.136E3 * I_2 = 5$
- Ecuación 8: $-1.136E3 * I_2 + 3.818E3 * I_3 = 0$

4. Cálculo de corrientes usando matrices: Partiendo de las ecuaciones 7, 8 y 4, en la **Figura 58** se presenta el código utilizado para resolver las ecuaciones mediante matrices.

```

% Definición de las matrices de coeficientes y constantes
A = [2.442E3, 1.136E3, 0;
     0, -1.136E3, 3.818E3;
     -1, 1, 1];
B = [5; 0; 0];
% Resolución del sistema de ecuaciones
I = A \ B;
I1 = I(1); % Corriente I1 en A
I2 = I(2); % Corriente I2 en A
I3 = I(3); % Corriente I3 en A
% Cálculo de corriente I4 e I5
I4 = I3; % Según la Ecuación 5
I5 = I2 + I4; % Según la Ecuación 6: I5 = I2 + I4

```

Figura 58. Resolución de ecuaciones por matrices.

La **Figura 59** se presenta el código utilizado para mostrar los resultados de las corrientes I1 a I5, expresados en miliamperios.


```

% Mostrar resultados
fprintf('I1 = %.4f mA\n', I1 * 1000);
fprintf('I2 = %.4f mA\n', I2 * 1000);
fprintf('I3 = %.4f mA\n', I3 * 1000);
fprintf('I4 = %.4f mA\n', I4 * 1000);
fprintf('I5 = %.4f mA\n', I5 * 1000);

```

I1 = 1.5072 mA
I2 = 1.1616 mA
I3 = 0.3456 mA
I4 = 0.3456 mA
I5 = 1.5072 mA

Figura 59. Resultados de ecuaciones por matrices.

5. Cálculo de los Voltajes usando Ley de Ohm: La **Figura 60** presenta el código utilizado para calcular los voltajes en cada resistencia del circuito, aplicando la Ley de Ohm.

```

% Cálculo de voltajes por Ley de Ohm
V1 = I1 * R1; % Voltaje en R1
V2 = I2 * R2; % Voltaje en R2
V3 = I3 * R3; % Voltaje en R3
V4 = I3 * R4; % Voltaje en R4
V5 = I1 * R5; % Voltaje en R5

```

Figura 60. Cálculo de voltajes por ley de Ohm.

La **Figura 61** muestran los resultados obtenidos del cálculo de los voltajes por Ley de Ohm, con los valores expresados en voltios para cada resistencia del circuito.

```

% Mostrar resultados
fprintf('V1 = %.4f V\n', V1);
fprintf('V2 = %.4f V\n', V2);
fprintf('V3 = %.4f V\n', V3);
fprintf('V4 = %.4f V\n', V4);
fprintf('V5 = %.4f V\n', V5);

```

V1 = 1.7197 V
V2 = 1.3195 V
V3 = 0.5474 V
V4 = 0.7721 V
V5 = 1.9608 V

Figura 61. Mostrar resultados del cálculo de voltajes por ley de Ohm.

6.1.2 Análisis del Circuito en LTspice:

En esta sección se presentan los resultados obtenidos mediante la simulación del circuito utilizando el software LTspice. En la **Figura 62** se muestra el esquema realizado en LTspice mientras que en la **Figura 63** se presentan los resultados de la simulación.

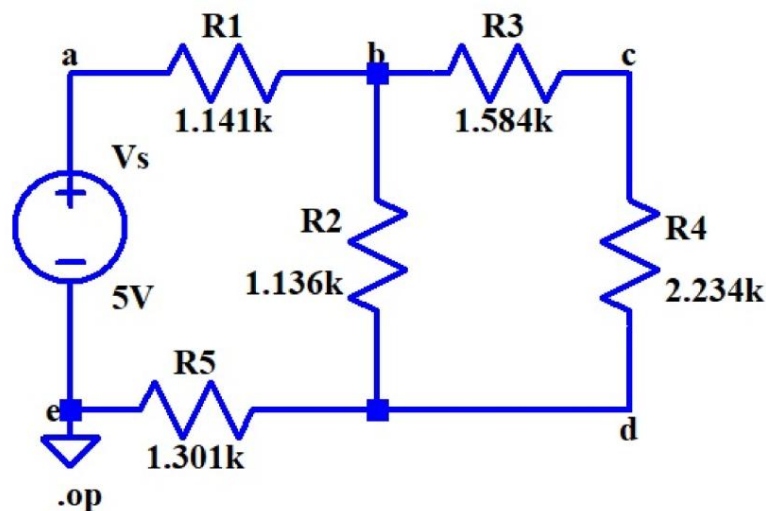


Figura 62. Esquema del circuito con resistencias reales en LTspice.

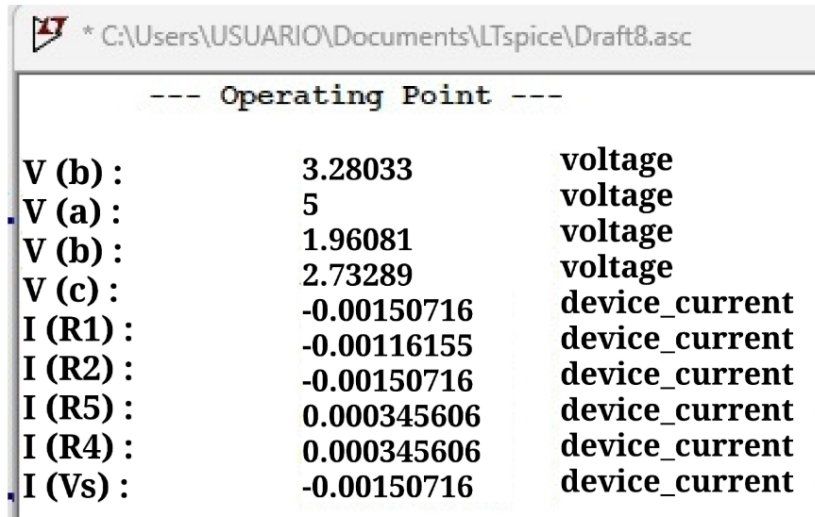


Figura 63. Resultados de la simulación LTspice mediante punto de operación.

A partir de la simulación realizada en LTspice, se obtuvieron los siguientes resultados de voltajes y corrientes en las resistencias del circuito

Voltajes simulados:

- El voltaje a través de R1 es $V(R1) = V(a) - V(b) = 1.71967V$
- El voltaje a través de R2 es $V(R2) = V(b) - V(d) = 1.31952V$
- El voltaje a través de R3 es $V(R3) = V(b) - V(c) = 0.54744V$
- El voltaje a través de R4 es $V(R4) = V(c) - V(d) = 0.77208V$
- El voltaje a través de R5 es $V(R5) = V(d) - 0 V = 1.96081V$

Corrientes simuladas:

- La corriente a través de R1 es $I(R1) = 1.50716 mA$
- La corriente a través de R2 es $I(R2) = 1.16155 mA$
- La corriente a través de R3 es $I(R3) = 0.345606 mA$
- La corriente a través de R4 es $I(R4) = 0.345606 mA$
- La corriente a través de R1 es $I(R5) = I(Vs) = 1.50716 mA$

En la **Figura 64** se muestran los resultados de voltaje y corriente en cada resistencia.

```

% Mostrar los resultados
fprintf('Voltajes y Corrientes de LTspice:\n');
fprintf('V(R1) = %.4f V, I(R1) = %.4f mA\n', VS1, IS1 * 1000);
fprintf('V(R2) = %.4f V, I(R2) = %.4f mA\n', VS2, IS2 * 1000);
fprintf('V(R3) = %.4f V, I(R3) = %.4f mA\n', VS3, IS3 * 1000);
fprintf('V(R4) = %.4f V, I(R4) = %.4f mA\n', VS4, IS4 * 1000);
fprintf('V(R5) = %.4f V, I(R5) = %.4f mA\n', VS5, IS5 * 1000);

```

Voltajes y Corrientes de LTspice:
V(R1) = 1.7197 V, I(R1) = 1.5072 mA
V(R2) = 1.3195 V, I(R2) = 1.1615 mA
V(R3) = 0.5474 V, I(R3) = 0.3456 mA
V(R4) = 0.7721 V, I(R4) = 0.3456 mA
V(R5) = 1.9608 V, I(R5) = 1.5072 mA

Figura 64. Representación de voltajes y corrientes determinados en LTspice.

Análisis comparativo entre los cálculos y simulación: La **Figura 65** una tabla comparativa entre los resultados obtenidos mediante cálculos teóricos y valores simulados en

LTspice, mostrando los voltajes y corrientes correspondientes. La tabla destaca la coherencia y semejanza entre ambos métodos, confirmando la precisión de los resultados obtenidos.

```
% Cargar datos de un archivo Excel
data = readtable('tabla1.xlsx');
data
```

data = 5x4 table

	VoltageCalculado	CorrienteCalculado	VoltageSimulado	CorrienteSimulado
1	'V(R1) = 1.7197 V'	'I(R1) = 1.5072 mA'	'V(R1) = 1.71967V'	'I(R1) = 1.50716 mA'
2	'V(R2) = 1.3195 V'	'I(R2) = 1.1616 mA'	'V(R2) = 1.31952V'	'I(R2) = 1.16155 mA'
3	'V(R3) = 0.5474 V'	'I(R3) = 0.3456 mA'	'V(R3) = 0.54744V'	'I(R3) = 0.345606 mA'
4	'V(R4) = 0.7721 V'	'I(R4) = 0.3456 mA'	'V(R4) = 0.77208V'	'I(R4) = 0.345606 mA'
5	'V(R5) = 1.9608 V'	'I(R5) = 1.5072 mA'	'V(R5) = 1.96081V'	'I(R5) = 1.50716 mA'

Figura 65. Tabla comparativa entre cálculos teóricos y simulación LTspice.

6.1.3 Análisis del circuito en ADALM1000

1. Medición de voltaje y corriente con ADALM1000: La **Figura 66** muestra el circuito armado en un Protoboard y conectado al ADALM1000, con indicaciones de los canales de medición AIN y BIN utilizados para medir las corrientes correspondientes.

La **Figura 67** representa el resultado de las mediciones experimentales de las corrientes I1 e I2, realizadas con el Pocket Lab ADALM1000.

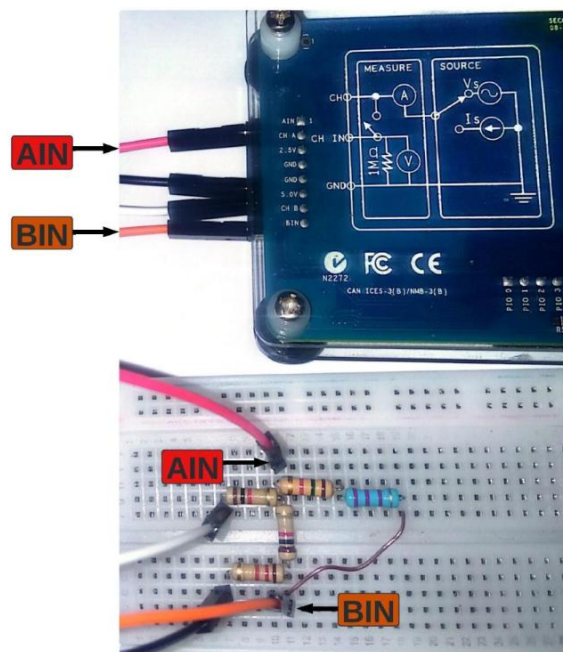


Figura 66. Medición de corrientes con ADALM1000.

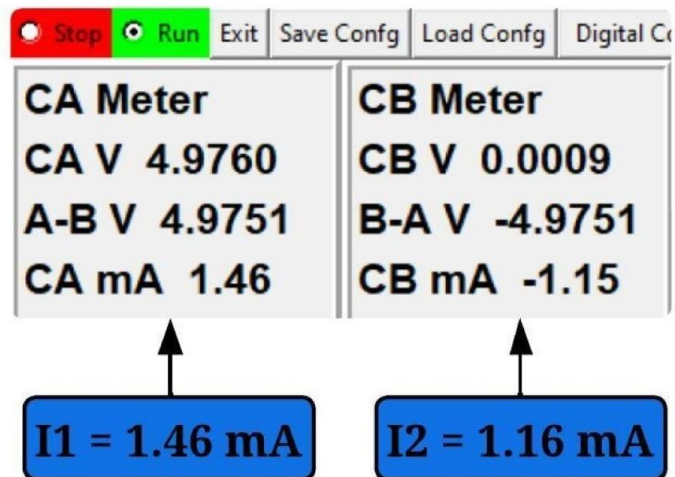


Figura 67. Corrientes I_1 e I_2 con ADALM1000.

La **Figura 68** muestra cada uno de los voltajes correspondientes a las resistencias R1 a R5 medidos mediante la herramienta Alice M1k Volt Meter.

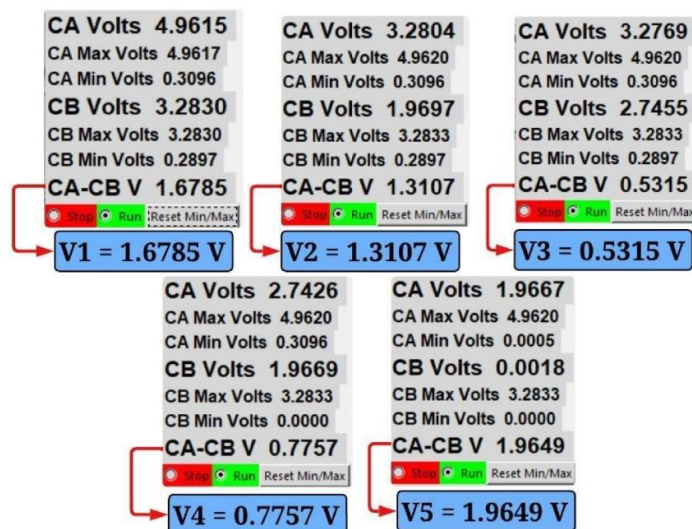


Figura 68. Resultados de voltajes medidos con ADALM1000.

2. Cálculo de corrientes faltantes por ley de Ohm: En la **Figura 69** se muestran los cálculos correspondientes para determinar las corrientes faltantes mediante la utilización de la ley de ohm, mientras que la **Figura 70** muestra el código utilizado para visualizar cada uno de los voltajes y corrientes en cada resistencia.

```

%Cálculo de Voltajes con ADALM1000
V_1 = 1.6758;% Voltaje en R1 en Voltios
V_2 = 1.3107;% Voltaje en R2 en Voltios
V_3 = 0.5315;% Voltaje en R3 en Voltios
V_4 = 0.7757;% Voltaje en R4 en Voltios
V_5 = 1.9649;% Voltaje en R5 en Voltios

%Cálculo de Corrientes con ADALM1000
I_1 = 1.46E-3;% Corriente en R1 en mA
I_2 = 1.16E-3;% Corriente en R2 en mA
% Aplicar Ley de Ohm para calcular las corrientes
I_3 = V_3 / R3; % Corriente a través de R3
I_4 = V_4 / R4; % Corriente a través de R4
I_5 = V_5 / R5; % Corriente a través de R5

```

Figura 69. Obtención de voltajes y corrientes utilizando ley de Ohm.

```

%Mostrar los resultados
fprintf('Voltajes y Corrientes:\n');
fprintf('V1 = %.4f V, I1 = %.4f mA\n', V_1, I_1 * 1000);
fprintf('V2 = %.4f V, I2 = %.4f mA\n', V_2, I_2 * 1000);
fprintf('V3 = %.4f V, I3 = %.4f mA\n', V_3, I_3 * 1000);
fprintf('V4 = %.4f V, I4 = %.4f mA\n', V_4, I_4 * 1000);
fprintf('V5 = %.4f V, I5 = %.4f mA\n', V_5, I_5 * 1000);

```

Voltajes y Corrientes:
V1 = 1.6758 V, I1 = 1.4600 mA
V2 = 1.3107 V, I2 = 1.1600 mA
V3 = 0.5315 V, I3 = 0.3355 mA
V4 = 0.7757 V, I4 = 0.3472 mA
V5 = 1.9649 V, I5 = 1.5103 mA

Figura 70. Resultados de voltajes y corrientes con ADALM1000.

3. Comparación de resultados entre simulación y medición experimental: En la **Figura 71** se pueden visualizar los resultados de la simulación junto a los resultados de las mediciones experimentales con el Pocket Lab ADALM1000.

```

% Cargar datos de un archivo Excel
data = readtable('tabla2.xlsx');
data

```

data = 5x4 table

	VoltageSimulado	CorrienteSimulado	VoltageMedido	CorrienteMedida
1	'V(R1) = 1.71967V'	'I(R1) = 1.50716 mA'	'V(R1) = 1.6758V'	'I(R1) = 1.46 mA'
2	'V(R2) = 1.31952V'	'I(R2) = 1.16155 mA'	'V(R2) = 1.3107V'	'I(R2) = 1.16 mA'
3	'V(R3) = 0.54744V'	'I(R3) = 0.345606 mA'	'V(R3) = 0.5315V'	'I(R3) = 0.3355 mA'
4	'V(R4) = 0.77208V'	'I(R4) = 0.345606 mA'	'V(R4) = 0.7757V'	'I(R4) = 0.3472 mA'
5	'V(R5) = 1.96081V'	'I(R5) = 1.50716 mA'	'V(R5) = 1.9649V'	'I(R5) = 1.5103 mA'

Figura 71. Comparación entre simulación y experimentación con ADALM1000.

6.1.4 Análisis de prueba error

En la Ecuación (16) se presenta la fórmula utilizada para calcular los errores porcentuales del voltaje y corriente. La **Figura 72** muestra el código empleado para realizar estos cálculos, mientras que en la **Figura 73** presenta el código que visualiza los resultados de los errores porcentuales obtenidos.

Fórmula para calcular el error porcentual:

$$E = \left(\frac{\text{Valor experimental} - \text{Valor medido}}{\text{Valor medido}} \right) \times 100 \quad (16)$$

Calcular el error porcentual de voltaje:

```
% Calcular el error porcentual de voltaje
EV1 = ((V_1 - VS1) / VS1) * 100; % Error de voltaje R1
EV2 = ((V_2 - VS2) / VS2) * 100; % Error de voltaje R2
EV3 = ((V_3 - VS3) / VS3) * 100; % Error de voltaje R3
EV4 = ((V_4 - VS4) / VS4) * 100; % Error de voltaje R4
EV5 = ((V_5 - VS5) / VS5) * 100; % Error de voltaje R5
```

Calcular el error porcentual de corriente:

```
% Calcular el error porcentual de corriente
EI1 = ((I_1 - IS1) / IS1) * 100; % Error de corriente R1
EI2 = ((I_2 - IS2) / IS2) * 100; % Error de corriente R2
EI3 = ((I_3 - IS3) / IS3) * 100; % Error de corriente R3
EI4 = ((I_4 - IS4) / IS4) * 100; % Error de corriente R4
EI5 = ((I_5 - IS5) / IS5) * 100; % Error de corriente R5
```

Figura 72. Cálculo de errores porcentuales de voltajes y corrientes.

```
% Mostrar los errores porcentuales
fprintf('Errores de voltaje y corriente:\n');
fprintf('E(V1) = %.2f%%, E(I1) = %.2f%%\n', EV1, EI1);
fprintf('E(V2) = %.2f%%, E(I2) = %.2f%%\n', EV2, EI2);
fprintf('E(V3) = %.2f%%, E(I3) = %.2f%%\n', EV3, EI3);
fprintf('E(V4) = %.2f%%, E(I4) = %.2f%%\n', EV4, EI4);
fprintf('E(V5) = %.2f%%, E(I5) = %.2f%%\n', EV5, EI5);
```

Errores de voltaje y corriente:
E(V1) = -2.55%, E(I1) = -3.13%
E(V2) = -0.67%, E(I2) = -0.13%
E(V3) = -2.91%, E(I3) = -2.91%
E(V4) = 0.47%, E(I4) = 0.47%
E(V5) = 0.21%, E(I5) = 0.21%

Figura 73. Errores porcentuales de voltaje y corriente.

Análisis de Errores Porcentuales:

Mediante la comparación de resultados obtenidos en base a los cálculos, simulación en LTspice y experimentación con el ADALM1000, se analizó el comportamiento de errores porcentuales obteniendo los siguientes resultados:

- **Rango de errores:**
 - Voltaje: -2.91% a 0.47%.
 - Corriente: -3.13% a 0.47%.
- **Desviación máxima:**
 - Corriente 3.13%.

A partir de los porcentajes de error obtenidos para voltajes y corrientes, se confirma que estos se encuentran dentro de un rango aceptable es decir se encuentran en un rango inferior al 5%, lo que valida la precisión y la consistencia entre los métodos empleados: cálculos teóricos,

simulación en LTspice y mediciones experimentales realizadas con el Pocket Lab ADALM1000.

6.2 Resultados de la práctica 2

En esta sección se detallan los procedimientos realizados durante la ejecución de la Práctica 2, los cuales permitieron alcanzar los objetivos propuestos de manera exitosa.

6.2.1 Instrucciones para el circuito RC

La presente práctica consiste en el análisis de un circuito RC utilizando el ADALM1000. La implementación inicio con el diseño del esquema realizado en LTspice ver **Figura 74**, constituido por una resistencia de 100Ω y un condensador de $10\mu\text{F}$. Posteriormente se realizó el montaje físico en un Protoboard ver **Figura 75**.

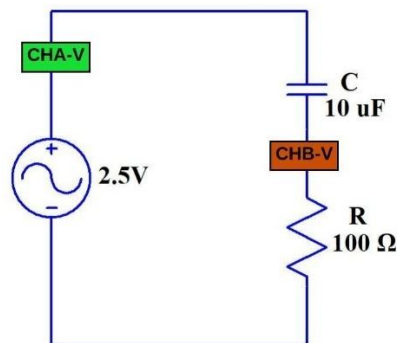


Figura 74. Diagrama esquemático del circuito RC en LTspice.

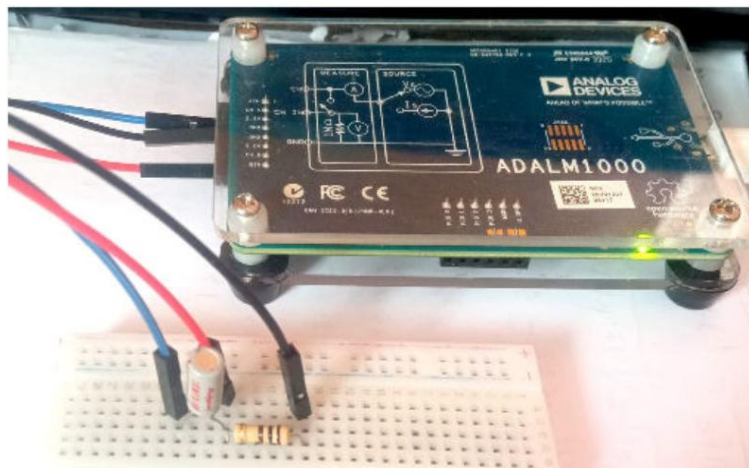


Figura 75. Circuito RC en Protoboard con ADALM1000.

6.2.2 Configuración del Osciloscopio ADALM1000:

La configuración inicial del Osciloscopio Alice se realizó siguiendo las indicaciones originales, resumiendo cada indicación en las figuras presentadas a continuación. Este procedimiento se basó en la actividad “Tema de capacitación 9 de ADALM1000 SMU: Potencia y factor de potencia en circuitos de CA” (Analog Devices et al., 2018).

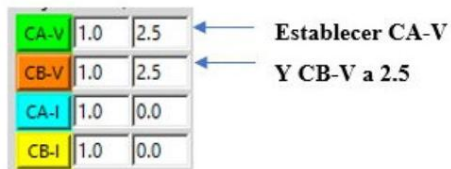


Figura 76. Compensación en el osciloscopio.



Figura 77. Configuración de escala vertical en el osciloscopio.

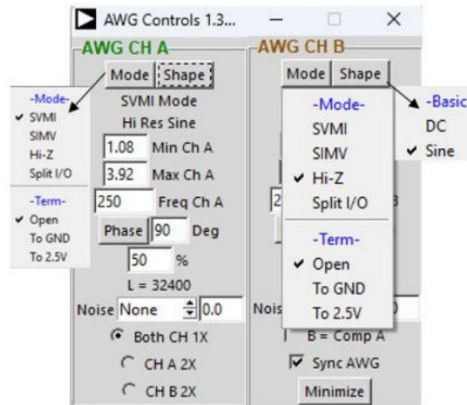


Figura 78. Configuración del generador de señales AWG.

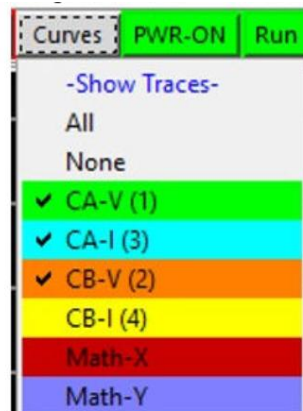


Figura 79. Configuración de la visualización de curvas.

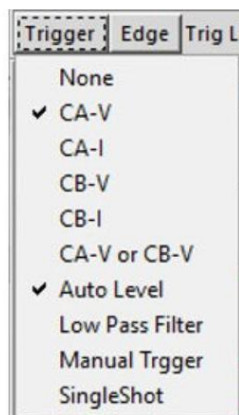


Figura 80. Configuración del disparador.

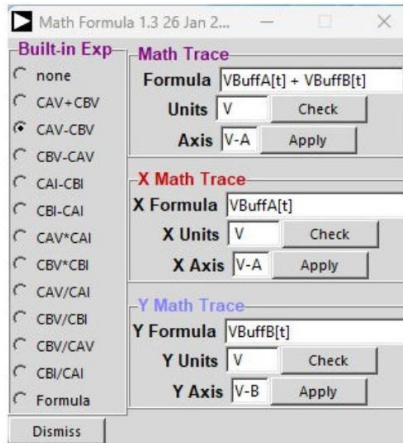


Figura 81. Configuración del menú desplegable matemática.

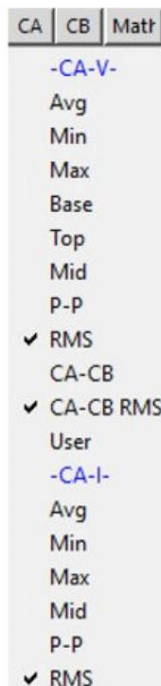


Figura 82. Configuración del desplegable Meas CA.



Figura 83. Configuración del desplegable Meas CB.



Figura 84. Configuración de Hold off.



Figura 85. Configuración de la escala vertical.

6.2.3 Actividades a desarrollar:

Siguiendo los lineamientos establecidos en la práctica, se seleccionaron las actividades correspondientes en formato Live Script de Matlab para realizar el comportamiento del circuito RC: Determinación de la Potencia Real (P), Potencia Reactiva (Q), Potencia Aparente (S), Factor de Potencia (fp) y ángulo de Desfase (θ)

La Figura 86 muestra la visualización simultánea de todas las señales registradas en el osciloscopio correspondiente al circuito RC, mientras que las Figura 87 y Figura 88 muestran los parámetros iniciales del circuito RC, así como las variables y constantes definidas en MATLAB.

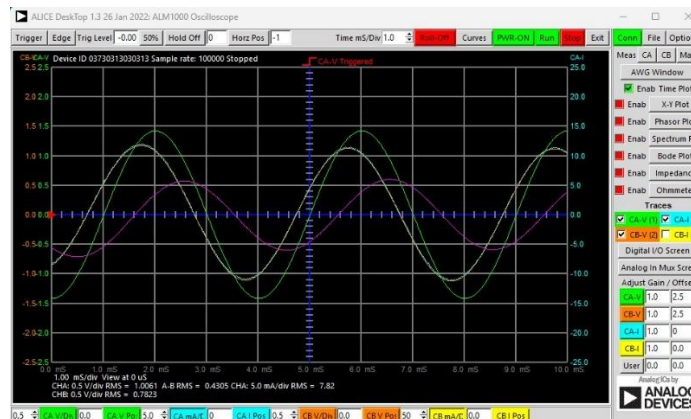


Figura 86. Voltajes y Corrientes en Osciloscopio Alice RC.

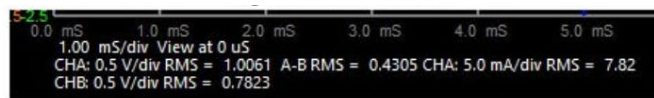


Figura 87. Parámetros iniciales del circuito RC.

6.2.4 Desarrollo:

```
% Datos conocidos
Vrms = 1.0061; % Voltios
IRMS = 7.82e-3; % Amperios
VR = 0.7823; % Voltios
VC = 0.4305; % Voltios
f = 250; % Hertzios
R = 100; % Ohmios
C = 1e-4; % Faradios
```

Figura 88. Datos registrados en el Osciloscopio Alice RC.

a) Potencia Real.

```
% Cálculo de la Potencia Real
P = VR * IRMS; % Potencia Real en vatios
P_mW = P * 1e3; % Convertir a miliwatios
fprintf('a) Potencia Real:\n');
fprintf('P = %.2f mW\n', P_mW);
```

a) Potencia Real:
P = 6.12 mW

Figura 89. Cálculo de la potencia real RC.

b) Potencia Reactiva.

```
% Cálculo de la Potencia Reactiva
Q = VC * IRMS; % Potencia Reactiva en voltamperios reactivos
Q_mVAR = Q * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios reactivos
fprintf('b) Potencia Reactiva:\n');
fprintf('Q = %.2f mVAR\n', Q_mVAR);
```

b) Potencia Reactiva:
Q = 3.37 mVAR

Figura 90. Cálculo de la potencia reactiva RC.

c) Potencia Aparente.

```
% Cálculo de la Potencia Aparente usando el triángulo de potencia
S = sqrt(P^2 + Q^2); % Potencia Aparente en voltamperios
S_mVA = S * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios
fprintf('c) Potencia Aparente:\n');
fprintf('S = %.2f mVA\n', S_mVA);
```

c) Potencia Aparente:
S = 6.98 mVA

Figura 91. Cálculo de la potencia aparente RC.

d) Factor de potencia.

```
% Cálculo del factor de potencia (fp)
fp = P / S; % Factor de potencia
fprintf('d) Factor de potencia (fp):\n');
fprintf('fp = %.4f\n', fp);
```

d) Factor de potencia (fp):
fp = 0.8761

Figura 92. Cálculo del factor de potencia RC.

e) Ángulo de desfase.

```
% Cálculo del ángulo de desfase (θ)
theta = acos(fp) * (180 / pi); % Ángulo de desfase en grados
fprintf('e) Ángulo de desfase:\n');
fprintf('θ = %.2f°\n', theta);
```

e) Ángulo de desfase:
θ = 28.82°

Figura 93. Cálculo del ángulo de desfase RC.

Análisis de Potencias en el circuito RC:

Luego de haber realizado los cálculos de las potencias, el factor de potencia y ángulo de desfase, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Potencia Real: 6.12 mW (**Figura 89**)
- Potencia Reactiva: 3.37 mVAR (**Figura 90**)
- Potencia Aparente: 6.98 mVA (**Figura 91**)
- Factor de potencia: 0.8761 (**Figura 92**)
- Ángulo de desfase: 28.8° (**Figura 93**)

6.2.5 Análisis de señales extraídas del Pocket Lab ADALM1000 circuito RC:

Las mediciones experimentales se obtuvieron mediante el Pocket Lab ADALM1000, registrando los datos a través del Osciloscopio Alice en formato .csv. Las variables registradas incluyen Tiempo (ms), voltaje del canal A (CA-V), corriente del canal A (CA-I), voltaje del canal B (CB-V) y corriente del canal B (CB-I). Para el procesamiento de datos se utilizó Live Script de MATLAB, el código se muestra en la **Figura 94**.

```
% Cargar el archivo .mat
load('C:\Users\USUARIO\Documents\Adalm1000\Livescript\Practica 2 circuito
RC\DatoscircuitoRC.mat'); %Colocar el directorio donde se hallan los archivos

% Extraer las variables directamente desde la estructura
Tiempo = DatoscircuitoRC.Tiempo*1000; %Tiempo convertido en milisegundos (ms)
CAV = DatoscircuitoRC.CAV;
CBV = DatoscircuitoRC.CBV;
CAI = DatoscircuitoRC.CAI / 10;% Convertir corriente en miliamperios (mA)
CBI = DatoscircuitoRC.CBI;
```

Figura 94. Código para extracción y procesamiento de datos del ADALM1000.

Las señales fueron procesadas utilizando Live Script de MATLAB, permitiendo extraer y analizar los datos del ADALM1000. Este procedimiento permitió la visualización de las señales de voltaje en los canales A (CAV) y B (CBV), así como la corriente en el canal A (CAI).

6.2.5.1 Graficar voltaje CAV vs Tiempo:

```
clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAV
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title('Voltaje CAV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
```

```

set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
    'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2);

hold off;

```

Figura 95. Código para representar voltaje CAV vs Tiempo.

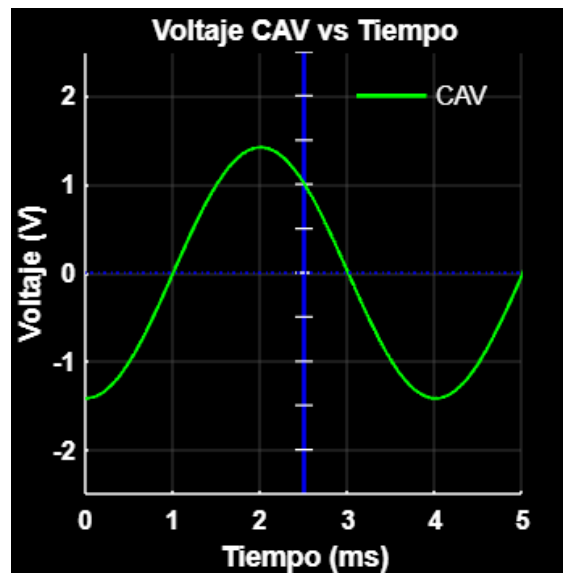


Figura 96. Representación del voltaje CAV vs Tiempo.

6.2.5.2 Graficar voltaje CAI vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAI
plot(Tiempo, CAI, 'c', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title('Voltaje CAI vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);

```

```

set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
    'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2);

hold off;

```

Figura 97. Código para representar voltaje CAI vs Tiempo.

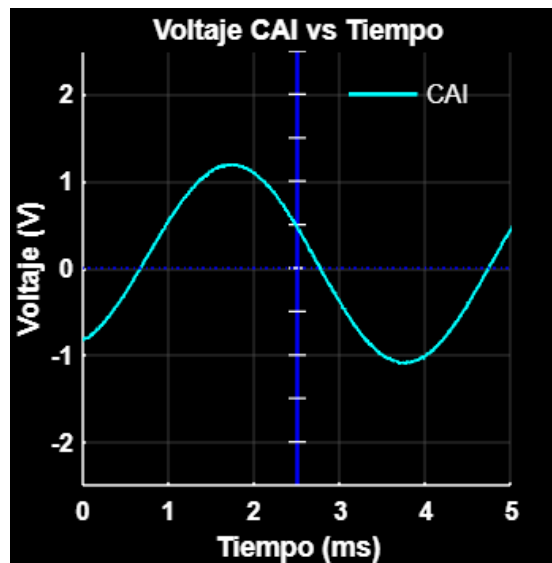


Figura 98. Representación de voltaje CAI vs Tiempo.

6.2.5.3 Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar las señales CAV y CAI
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo, CAI, 'c', 'LineWidth', 1.5); % Línea cian para CAI

% Configurar el gráfico
title('Voltaje CAV y CAI vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);

```

```

set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);

% Leyenda manual
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde para CAV
text(4.0, 1.5, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [1.5, 1.5], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2); % Línea cian para CAI

hold off;

```

Figura 99. Código para representar CAV y CAI vs Tiempo.

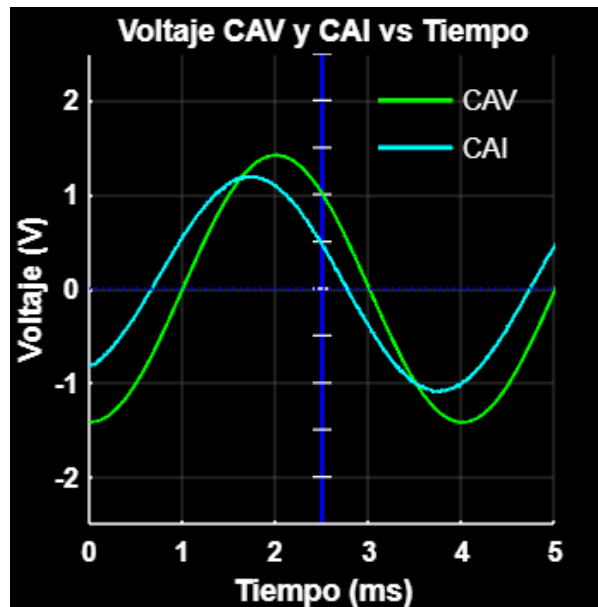


Figura 100. Representación de voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo.

6.2.5.4 Graficar Voltaje CBV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CBV
plot(Tiempo, CBV, 'm', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title('Voltaje CBV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');

```

```

xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2);

hold off;

```

Figura 101. Código para representar voltaje CBV vs Tiempo.

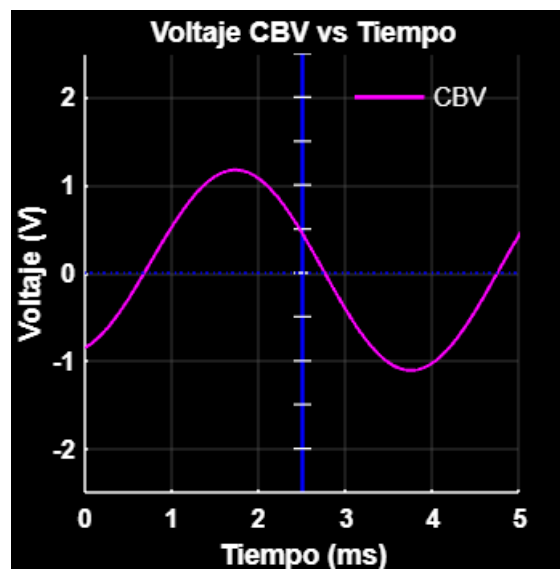


Figura 102. Representación de voltaje CBV vs Tiempo.

6.2.5.5 Graficar voltajes CAV y CBV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar las señales CAV y CBV
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo, CBV, 'm', 'LineWidth', 1.5); % Línea magenta para CBV

```



```

% Configurar el gráfico
title('Voltajes CAV y CBV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16,
'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde
para CAV
text(4.0, 1.5, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
line([3.1, 3.9], [1.5, 1.5], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2); % Línea magenta
para CBV

hold off;

```

Figura 103. Código para representar voltajes CAV y CBV vs tiempo.

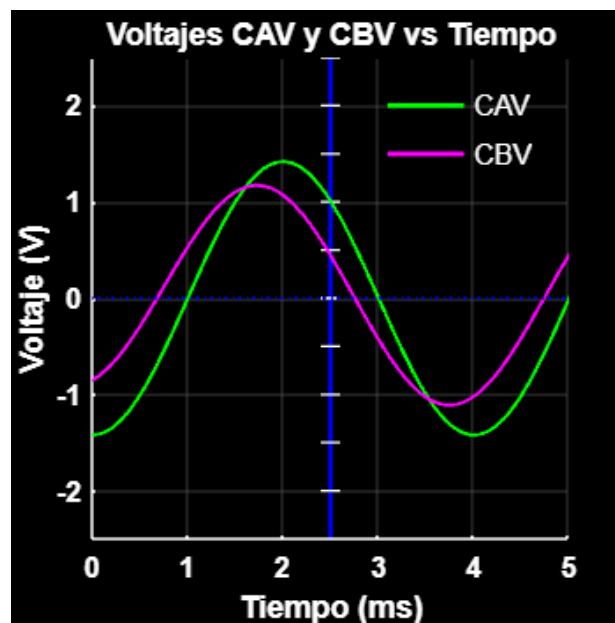


Figura 104. Representación de voltajes CAV y CBV vs Tiempo.

6.3 Resultados de la práctica 3:

En esta sección se detallan los procedimientos realizados durante la ejecución de la Práctica 3, los cuales permitieron alcanzar los objetivos propuestos de manera exitosa.

6.3.1 Instrucciones para el circuito RL:

La presente práctica consiste en el análisis de un circuito RL utilizando el ADALM1000. La implementación inicio con el diseño del esquema realizado en LTspice ver **Figura 105**, constituido por 4 inductancias en serie de 10mH y una resistencia de 47 Ω . Posteriormente se realizó el montaje físico en un Protoboard ver **Figura 106**.

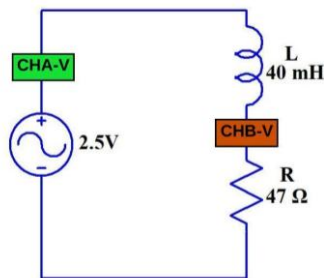


Figura 105. Diagrama esquemático del circuito RL.

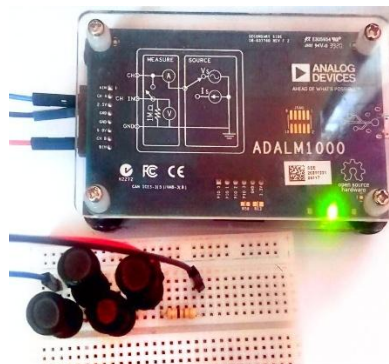


Figura 106. Montaje Experimental del Circuito RL.

6.3.2 Actividades a desarrollar:

Siguiendo los lineamientos establecidos en la práctica 3, se seleccionaron las actividades correspondientes en formato Live Script de Matlab para realizar el comportamiento del circuito RL:

- Determinación de la Potencia Real (P)
- Determinación de la Potencia Reactiva (Q)
- Determinación de la Potencia Aparente (S)
- Cálculo del Factor de Potencia (fp)
- Determinación del Ángulo de Desfase (θ)

La **Figura 107** muestra la visualización simultánea de todas las señales registradas en el osciloscopio correspondiente al circuito RL, mientras que las **Figura 108** y muestran los parámetros iniciales del circuito RL.

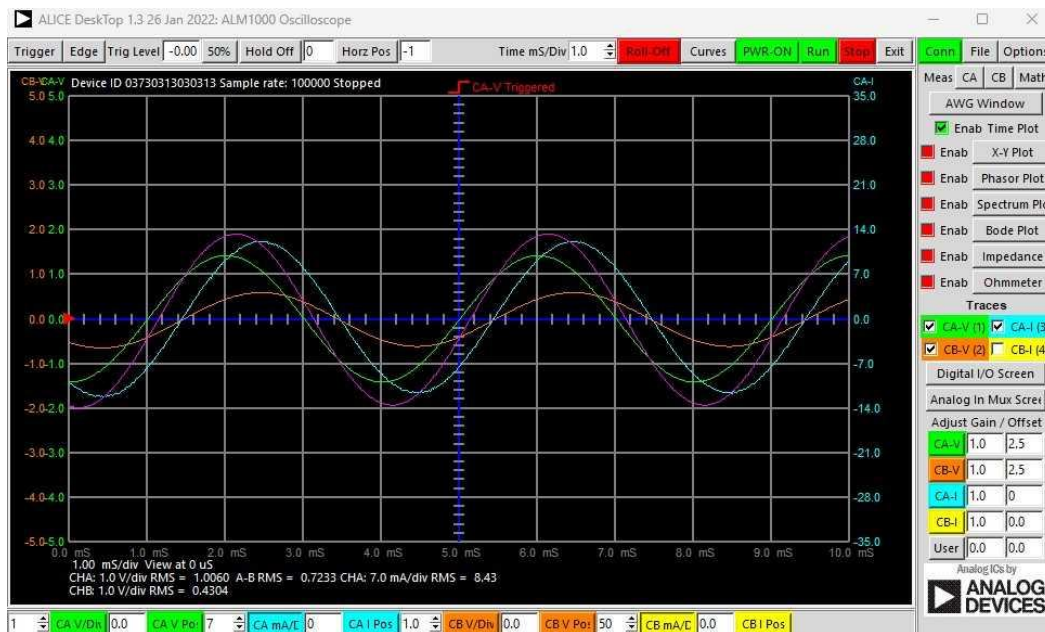


Figura 107. Voltajes y Corrientes en Osciloscopio Alice RL.

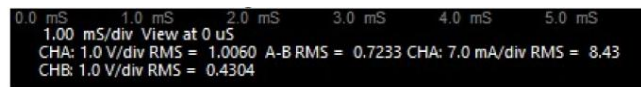


Figura 108. Parámetros iniciales del circuito RL.

6.3.3 Medición de la resistencia interna del inductor:

En la **Figura 109** se presenta la configuración para la medición de la resistencia interna de las impedancias en serie. Mientras que en la **Figura 110** se muestra el valor medido en Alice M1K Ohm Meter de la resistencia de los inductores.

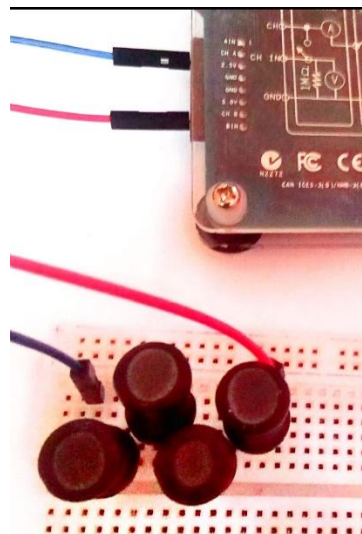


Figura 109. Configuración para mediciones de impedancia.

Figura 16. Medición en Alice Ohm Meter

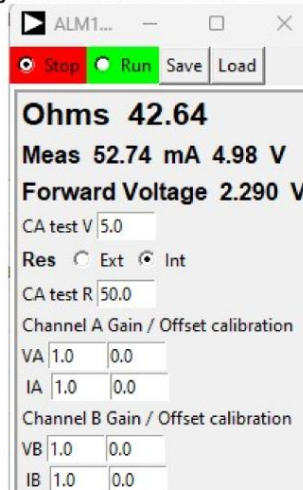


Figura 110. Medición de resistencia interna inductores,

6.3.4 Datos obtenidos por el Osciloscopio:

A continuación, se presentan los pasos que se siguieron para poder determinar tanto la medición de datos obtenidos con el Osciloscopio de Alice, así como los cálculos necesarios para poder determinar las potencias, factor de potencia y ángulo de desfase.

```
% Datos obtenidos mediante Osciloscopio de Alice
Vrms = 1.0061;      % Voltaje RMS [V]
Irms = 8.43e-3;    % Corriente RMS [A]
R = 47;            % Resistencia [Ω]
RL = 42.64;       % Resistencia de carga [Ω]
f = 250;          % Frecuencia [Hz]
VR = 0.4304;     % Voltaje en resistencia [V]
VL = 0.7233;     % Voltaje en inductancia [V]
L = 0.04;        % Inductancia [H]
```

Figura 111. Datos registrados en el Osciloscopio Alice RL.

Cálculos preliminares:

```
%% 2. CÁLCULOS PRELIMINARES
% Parámetros fundamentales del circuito
omega = 2 * pi * f;          % Frecuencia angular [rad/s]
XL = omega * L;             % Reactancia inductiva [Ω]
Zeq = sqrt((R + RL)^2 + XL^2); % Impedancia equivalente [Ω]
```

Figura 112. Cálculos preliminares del circuito RL.

a) Potencia Real:

```
% Cálculo de la Potencia Real
P = VR * IRMS; % Potencia Real en vatios
P_mw = P * 1e3; % Convertir a miliwatios
fprintf('a) Potencia Real:\n');
fprintf('P = %.2f mw\n', P_mw);
```

a) Potencia Real:
P = 3.63 mW

Figura 113. Cálculo de la potencia real RL.

b) Potencia Reactiva:

```
% Cálculo de la Potencia Reactiva
Q = XL * IRMS^2; %Potencia Reactiva en voltamperios reactivos
Q_mVAR = Q * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios reactivos
fprintf('b) Potencia Reactiva:\n');
fprintf('Q = %.2f mVAR\n', Q_mVAR);
```

b) Potencia Reactiva:
Q = 4.47 mVAR

Figura 114. Cálculo de la potencia reactiva RL.

c) Potencia Aparente:

```
% Cálculo de la Potencia Aparente
S = Zeq * IRMS^2; % Potencia Aparente en voltamperios
S_mVA = S * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios
fprintf('c) Potencia Aparente:\n');
fprintf('S = %.2f mVA\n', S_mVA);
```

c) Potencia Aparente:
S = 7.78 mVA

Figura 115. Cálculo de la potencia aparente RL.

d) Factor de potencia:

```
% Cálculo del factor de potencia (fp)
fp = P / S; % Factor de potencia
fprintf('d) Factor de potencia (fp):\n');
fprintf('fp = %.4f\n', fp);
```

d) Factor de potencia (fp):
fp = 0.4664

Figura 116. Cálculo del factor de potencia RL.

e) Ángulo de desfase:

```
% Cálculo del ángulo de desfase (θ)
theta = acos(fp) * (180 / pi); % Ángulo de desfase en grados
fprintf('e) Ángulo de desfase:\n');
fprintf('θ = %.2f°\n', theta);
```

e) Ángulo de desfase:
θ = 62.20°

Figura 117. Cálculo del ángulo de desfase RL.

f) Corrección del factor de potencia:

Debido a que el factor de potencia inicial fue menor al permitido se procedió con la corrección del factor de potencia asumiendo un factor de potencia objetivo de 0.9, con este factor de potencia se procedió a calcular la capacitancia necesaria para lograr aumentar el factor de potencia inicial determinado.

Cálculo de la capacitancia necesaria:

```
%Cálculo de capacitancia necesaria
fp_objetivo = 0.9; % Factor de potencia deseado
theta_objetivo = acosd(fp_objetivo); % [grados]
Q_nuevo = P * tand(theta_objetivo); % [VAR]
Q_compensar = Q - Q_nuevo; % [VAR]
XC_calculado = Vrms^2 / Q_compensar; % [Ω]
C_calculado = 1 / (omega * XC_calculado); % [F]
C_uF = C_calculado * 1e6; % [μF]
```

Figura 118. Cálculo de capacitancia necesaria.

Ángulo objetivo y capacitancia calculada:

```
% Mostrar Resultados
fprintf('Ángulo objetivo = %.2f°\n', theta_objetivo);
fprintf('Capacitancia calculada = %.2f μF\n', C_uF);
```

Ángulo objetivo = 25.84°
Capacitancia calculada = 1.70 μF

Figura 119. Resultados de capacitancia requerida.

Según los cálculos se necesita un capacitor de 1.70uF para poder mejorar el factor de potencia determinado en un inicio, por tanto, se realiza los cálculos con un Capacitor de 2.2uF disponible en el mercado los datos iniciales son tomados de Alice Osciloscopio.

Cálculos con condensador de 2.2uF:

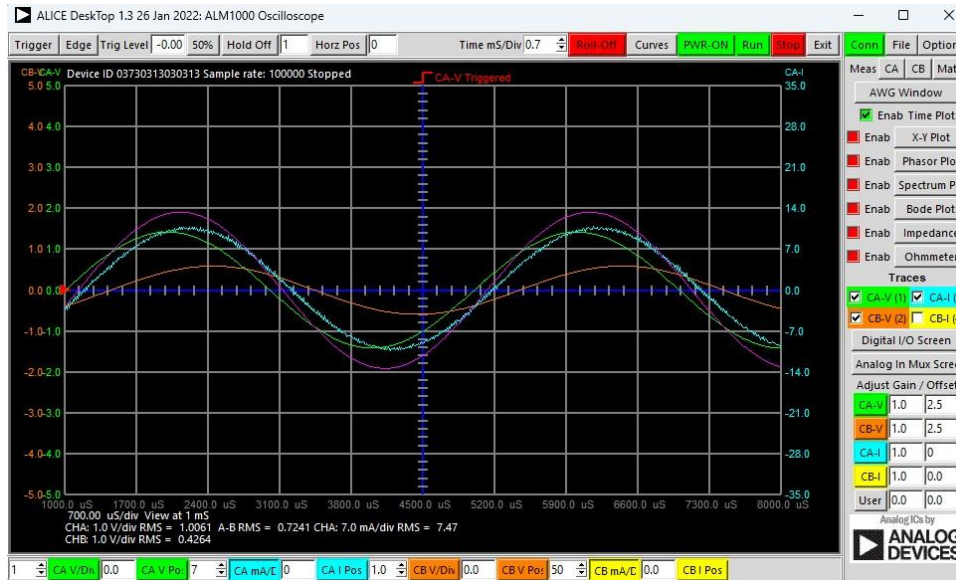


Figura 120. Voltajes y corrientes con capacitor de 2.2uF.

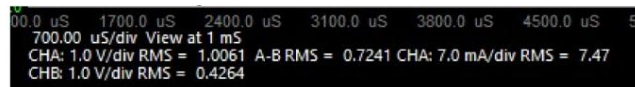


Figura 121. Parámetros iniciales con capacitor de 2.2uF.

Datos tomados del Osciloscopio:

```
% ANÁLISIS CON CAPACITOR COMERCIAL
% Mediciones experimentales con capacitor de 2.2µF
C2 = 2.2e-6; % Capacitancia comercial [F]
Vrms2 = 1.0061; % Voltaje [V]
Irms2 = 7.47e-3; % Corriente [A]
VR2 = 0.4264; % Voltaje del resistor en [V]
VL2 = 0.7241; % Voltaje del inductor en [V]
```

Figura 122. Mediciones registradas con capacitor de 2.2uF.

Cálculo de reactivancias e Impedancia total:

```
% Cálculos de parámetros con compensación
XC2 = 1 / (omega * C2); % Reactancia capacitiva [Ω]
XL2 = omega * L; % Reactancia inductiva [Ω]
Xeq2 = (XC2 * XL2) / (XC2 + XL2); % Reactancia equivalente [Ω]
Zeq2 = sqrt(R^2 + Xeq2^2); % Impedancia total [Ω]
```

Figura 123. Cálculo de parámetros de compensación.

```
% Mostrar el resultados
fprintf('Reactancia inductiva (XL2) = %.2f Ω\n', XL2);
fprintf('Reactancia capacitiva (XC2) = %.2f Ω\n', XC2);
fprintf('Reactancia equivalente (Xeq2) = %.2f Ω\n', Xeq2);
fprintf('Impedancia total (Zeq2) = %.2f Ω\n', Zeq2);
```

Reactancia inductiva (XL2) = 62.83 Ω
 Reactancia capacitiva (XC2) = 289.37 Ω
 Reactancia equivalente (Xeq2) = 51.62 Ω
 Impedancia total (Zeq2) = 69.81 Ω

Figura 124. Resultados finales de la compensación.

a) Potencia Real (P2):

```
% Cálculo de la potencia real (P)
P2 = VR2 * Irms2; % Potencia real en vatios (P)
P2_mW = P2 * 1e3; % Convertir a miliwatios
fprintf('Potencia real (P2) = %.2f mW\n', P2_mW); % En miliwatios
```

Potencia real (P2) = 3.19 mW

Figura 125. Potencia Real (P2).

b) Potencia Aparente (S2):

```
% Cálculo de la potencia aparente (S2)
S2 = Zeq2 * Irms2^2; % Potencia aparente en voltamperios (VA)
S2_mVA = S2 * 1e3; % Convertir a mili-voltamperios (mVA)
% Mostrar el resultado en mili-voltamperios
fprintf('Potencia aparente (S2) = %.2f mVA\n', S2_mVA);
```

Potencia aparente (S2) = 3.90 mVA

Figura 126. Potencia Aparente (S2).

c) Potencia Reactiva (Q2):

```
% Cálculo de la potencia reactiva (Q2)
Q2 = Xeq2 * Irms2^2; % Potencia reactiva en volt-amperios reactivos (VAR)
Q2_mVAR = Q2 * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios reactivos (mVAR)
% Mostrar el resultado en mVAR
fprintf('Potencia reactiva (Q2) = %.2f mVAR\n', Q2_mVAR);
```

Potencia reactiva (Q2) = 2.88 mVAR

Figura 127. Potencia Reactiva (Q2).

d) Factor de potencia(fp2):

```
% Cálculo del factor de potencia (fp2)
fp2 = P2 / S2; % Factor de potencia
fprintf('Factor de potencia (fp2) = %.2f\n', fp2);
```

Factor de potencia (fp2) = 0.82

Figura 128. Factor de potencia mejorado (fp2).

e) Ángulo de desfase (θ_2):

```
% Cálculo del ángulo de desfase ( $\theta_2$ )
theta2 = acos(fp2) * (180 / pi); % Ángulo de desfase en grados
fprintf('Ángulo de desfase ( $\theta_2$ ) = %.2f°\n', theta2);
```

Ángulo de desfase (θ_2) = 35.15°

Figura 129. Ángulo de desfase final (θ_2).

Datos calculados:

1. Potencia Activa (P): 3.19 mW
2. Potencia Aparente (S): 3.90 mVA
3. Potencia Reactiva (Q): 2.88 mVAR
4. Factor de potencia (fp): 0.82
5. Ángulo de desfase (θ): 35.15°

6.3.5 Representación de las variables extraídas en ADALM1000 circuito RL:

Las mediciones experimentales se obtuvieron mediante el Pocket Lab ADALM1000, registrando los datos a través del Osciloscopio Alice en formato .csv. Las variables registradas incluyen Tiempo (ms), voltaje del canal A (CA-V), corriente del canal A (CA-I), voltaje del canal B (CB-V) y corriente del canal B (CB-I). Para el procesamiento de datos se utilizó Live Script de MATLAB, el código se muestra en la **Figura 130**.

```

% Cargar el archivo .mat
load('C:\Users\USUARIO\Documents\Adalm1000\Livescript\Practica 3 Circuito
RL\DatosRL.mat'); %Colocar el directorio donde se hallan los archivos

% Extraer las variables directamente desde la estructura
Tiempo = DatosRL.Tiempo*1000; %Tiempo converito en milisegundos (ms)
CAV = DatosRL.CAV;
CBV = DatosRL.CBV;
CAI = DatosRL.CAI / 10;% Convertir la corriente en miliamperios (mA)
CBI = DatosRL.CBI;

```

Figura 130. Código para extracción y procesamiento de datos del ADALM1000.

Las señales fueron procesadas utilizando Live Script de MATLAB, permitiendo extraer y analizar los datos del ADALM1000. Este procedimiento permitió la visualización de las señales de voltaje en los canales A (CAV) y B (CBV), así como la corriente en el canal A (CAI).

6.3.5.1 Graficar voltaje CAV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAV
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title('Voltaje CAV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2);

```



```
hold off;
```

Figura 131. Código para representar Voltaje CAV vs tiempo.

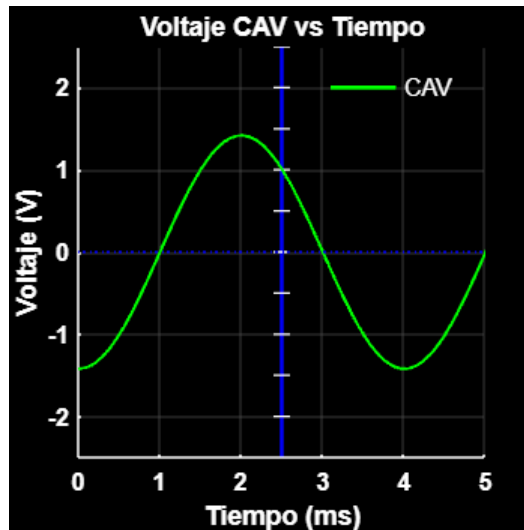


Figura 132. Representación del voltaje CAV vs Tiempo.

6.3.5.2 Graficar corriente CAI vs Tiempo:

```
clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAI
plot(Tiempo, CAI, 'c', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title('Corriente CAI vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Corriente (mA)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight',
'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
```

```
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2);
hold off;
```

Figura 133. Código para representar corriente CAI vs Tiempo.

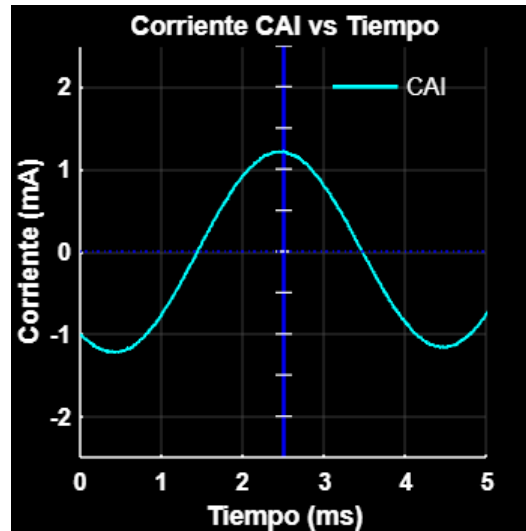


Figura 134. Representación de corriente CAI vs Tiempo.

6.3.5.3 Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo:

```
clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar las señales CAV y CAI
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo, CAI, 'c', 'LineWidth', 1.5); % Línea cian para CAI

% Configurar el gráfico
title('CAV y CAI vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V) y Corriente (mA)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14,
'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
```

```

plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde
para CAV
text(4.0, 1.5, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
line([3.1, 3.9], [1.5, 1.5], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2); % Línea cian
para CAI

hold off;

```

Figura 135. Código para representar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo.

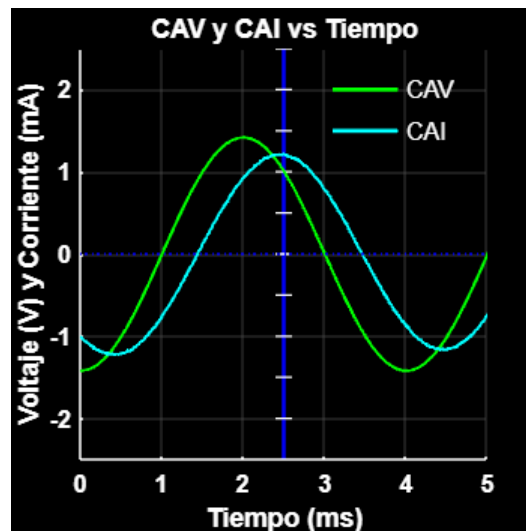


Figura 136. Representación de corriente CAI vs tiempo.

6.3.5.4 Graficar voltaje CBV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CBV
plot(Tiempo, CBV, 'm', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title('Voltaje CBV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);

```

```

set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12,
'FontWeight', 'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2);

hold off;

```

Figura 137. Código para representar voltaje CBV vs Tiempo.

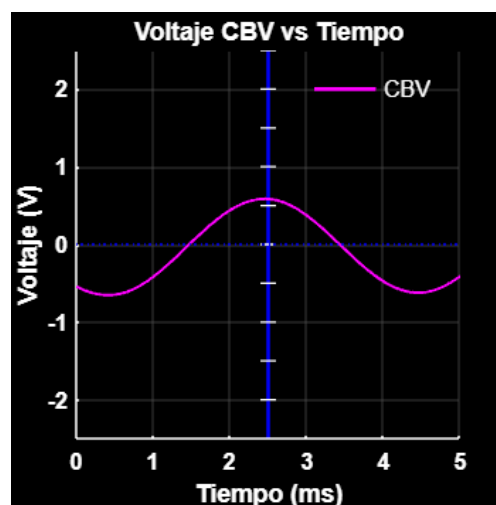


Figura 138. Representación de voltajes CAV y CBV vs tiempo.

6.3.5.5 Graficar voltajes CAV y CBV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar las señales CAV y CBV
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo, CBV, 'm', 'LineWidth', 1.5); % Línea magenta para CBV

% Configurar el gráfico
title('Voltajes CAV y CBV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes

```

```

xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde para CAV
text(4.0, 1.5, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [1.5, 1.5], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2); % Línea magenta para CBV

hold off;

```

Figura 139. Código para representar voltajes CAV y CBV vs Tiempo.

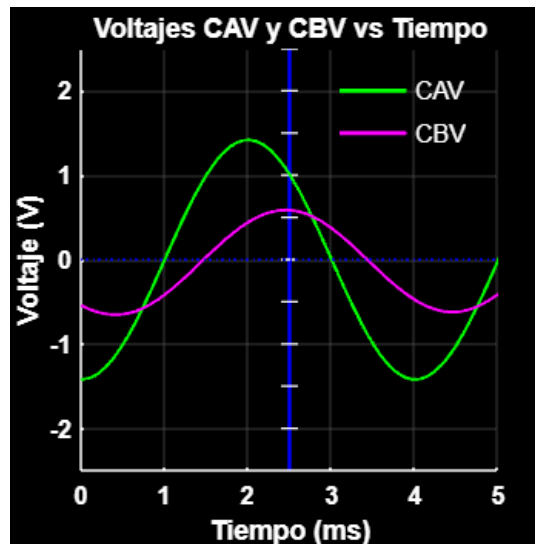


Figura 140. Representación de voltajes CAV y CBV vs Tiempo.

6.3.6 Variables extraídas con Capacitor de 2.2uF:

```

% Cargar el archivo CSV con los datos y evitar que MATLAB modifique los nombres de las
variables
filename = 'C:\Users\USUARIO\Documents\Adalm1000\Livescript\Practica 3 Circuito
RL\datoscapacitor2.2uf.csv';
data = readtable(filename, 'VariableNamingRule', 'preserve'); % Leer el CSV sin cambiar
los nombres

% Extraer las variables directamente desde la tabla
Tiempo_cap = data.Tiempo * 1000; % Convertir el tiempo a milisegundos (ms)
CAV_cap = data.('CA-V'); % Extraer CAV
CBV_cap = data.('CB-V'); % Extraer CBV
CAI_cap = data.('CA-I') / 10; % Extraer CAI en miliamperios (mA)
CBI_cap = data.('CB-I'); % Extraer CBI

```

Figura 141. Código para extraer las variables.

6.3.6.1 Graficar voltaje CAV vs Tiempo (Capacitor 2.2 μF):

```
clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAV
plot(Tiempo_cap, CAV_cap, 'g', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title({'Voltaje CAV vs Tiempo', '(Capacitor 2.2  $\mu\text{F}$ )'}, 'Color', 'w', 'FontSize', 16,
'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2);

hold off;
```

Figura 142. Código para representar el Voltaje CAV vs tiempo con capacitor.

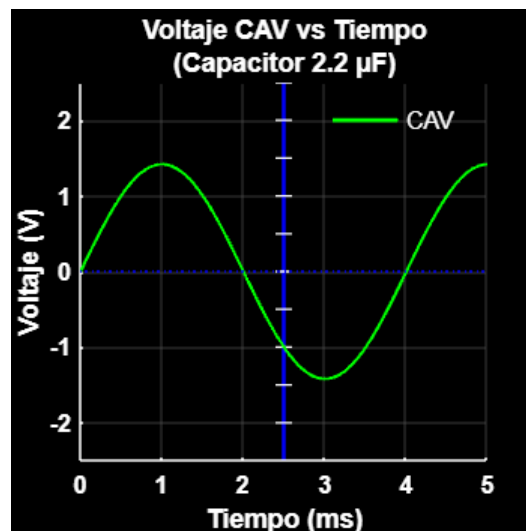


Figura 143. Representación del Voltaje CAV vs tiempo con capacitor.

6.3.6.2 Graficar corriente CAI vs Tiempo (Capacitor 2.2 μF):

```
clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-2.5 2.5], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -2.5:0.5:2.5);

% Suavizado de la señal CAI
windowSize = 5; % Tamaño de la ventana para el suavizado
CAI_cap_suavizado = movmean(CAI_cap, windowSize);

% Graficar la señal CAI suavizada
plot(Tiempo_cap, CAI_cap_suavizado, 'c', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title({'Corriente CAI vs Tiempo', '(Capacitor 2.2  $\mu\text{F}$ )'}, 'Color', 'w', 'FontSize', 16,
'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Corriente (mA)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.2, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.2, 2.2], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2);

hold off;
```

Figura 144. Código para representar el corriente CAI vs Tiempo con capacitor.

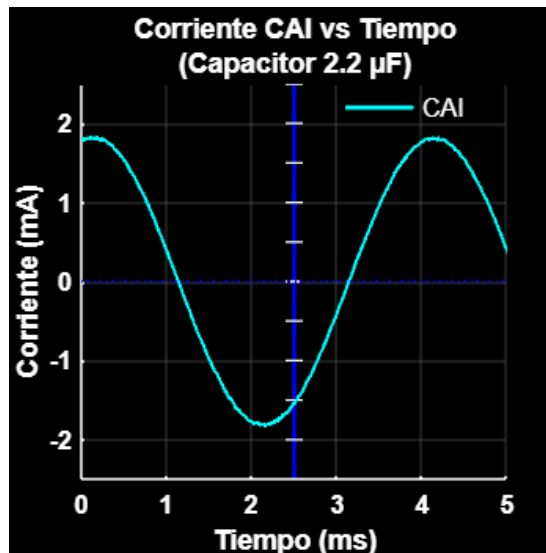


Figura 145. Representación del corriente CAI vs Tiempo con capacitor.

6.3.6.3 Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo (Capacitor 2.2 μ F):

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-2.5 2.5], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -2.5:0.5:2.5);

% Suavizado de la señal CAI
windowSize = 5;
CAI_cap_suavizado = movmean(CAI_cap, windowSize);

% Graficar las señales CAV y CAI suavizada
plot(Tiempo_cap, CAV_cap, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo_cap, CAI_cap_suavizado, 'c', 'LineWidth', 1.5); % Línea cian para CAI
suavizado

% Configurar el gráfico
title({'Voltaje CAV y Corriente CAI vs Tiempo', '(Capacitor 2.2  $\mu$ F)'}, 'Color', 'w',
'FontSize', 12, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V) / Corriente (mA)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight',
'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual

```



```

plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.2, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.2, 2.2], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde para CAV
text(4.0, -2.0, 'CAI ', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [-2.0, -2.0], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2); % Línea cian para CAI
suavizado

hold off;

```

Figura 146 Codido para representar *voltaje CAV* y *corriente CAI* vs *Tiempo* con capacitor.

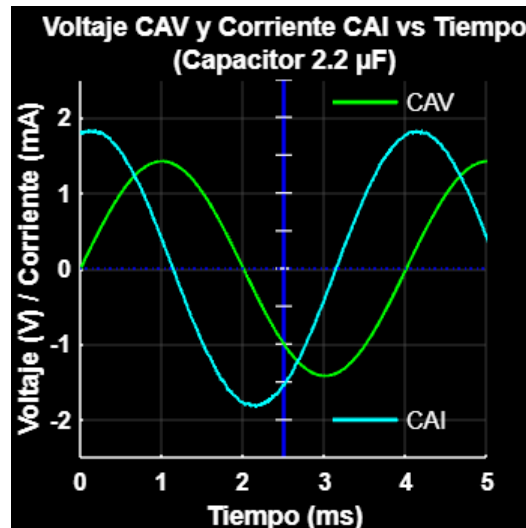


Figura 147. Representación de Voltajes CAV y CBV vs tiempo con capacitor.

6.3.6.4 Graficar voltaje CBV vs Tiempo (Capacitor 2.2 µF):

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-2.5 2.5], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -2.5:0.5:2.5);

% Graficar la señal CBV
plot(Tiempo_cap, CBV_cap, 'm', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title({'Voltaje CBV vs Tiempo', '(Capacitor 2.2 µF)'}, 'Color', 'w', 'FontSize', 16,
'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);

```

```

grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2);

hold off;

```

Figura 148. Código para representar voltaje CBV vs Tiempo con capacitor.

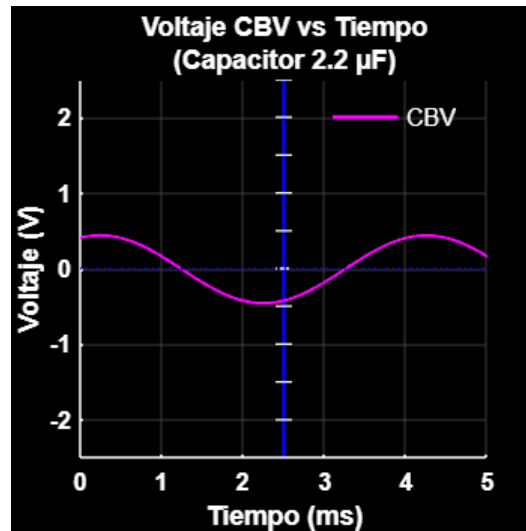


Figura 149. Representación de voltaje voltaje CBV vs Tiempo con capacitor

7 Discusión

La investigación surge de la necesidad de transformar las prácticas de laboratorio tradicionales, que frecuentemente presentan riesgos de seguridad y limitaciones hacia un enfoque más seguro y accesible mediante la implementación del Pocket Lab ADALM1000 y sus complementos como herramienta modernizada para la enseñanza de circuitos eléctricos en la carrera de Ingeniería Electromecánica.

La principal ventaja identificada es la reducción significativa del riesgo de accidentes eléctricos, ya que el Pocket Lab ADALM1000 opera con un voltaje máximo de 5V a través de alimentación USB, en comparación con los voltajes potencialmente peligrosos utilizados en prácticas convencionales.

Madristsch et al. (2017) destacan el potencial de los Pocket Lab para mejorar la calidad del aprendizaje en ingeniería. La presente investigación valida esta afirmación en el contexto de circuitos eléctricos, estableciendo una metodología que integra efectivamente teoría y práctica. Los resultados obtenidos sugieren que esta implementación puede servir como referente para futuras aplicaciones en el ámbito educativo nacional, donde el uso de estas tecnologías aún no ha sido ampliamente explorado.

La metodología desarrollada se fundamenta en la integración de tres componentes esenciales: el hardware ADALM1000, el software de simulación LTspice y el software de adquisición de datos Alice, complementados con guías prácticas en formato Live Script de Matlab. Según lo establecido en las especificaciones del fabricante, se ha destacado la importancia de mantener un margen de error dentro del $\pm 5\%$ para obtener resultados confiables. La presente investigación respalda esta especificación, demostrando que las mediciones realizadas se mantuvieron consistentemente dentro de este rango, validando así la precisión del sistema.

Además, esta metodología optimiza recursos al requerir menos componentes físicos, reduce el tiempo de montaje de los circuitos y minimiza el riesgo de daños en los equipos debido a conexiones incorrectas. La portabilidad del sistema permite realizar prácticas en distintos entornos sin depender de una infraestructura de laboratorio fija, lo que facilitaría su futura implementación en diversos contextos educativos. Esto representa una ventaja significativa en comparación con los laboratorios tradicionales, que requieren equipamiento más voluminoso y costoso.

El desarrollo de esta investigación sugiere que es posible modernizar efectivamente la enseñanza de circuitos eléctricos sin comprometer la calidad educativa, estableciendo así una base sólida para la transformación digital de los laboratorios de ingeniería. La metodología

desarrollada no solo aborda las limitaciones de los métodos tradicionales, sino que también prepara el camino para una educación en ingeniería más accesible, segura y efectiva. Esta propuesta metodológica sienta las bases para una futura implementación en el aula, donde se podrá evaluar su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje que involucren a docentes y estudiantes.

8 Conclusiones

- La revisión bibliográfica permitió identificar las funciones, potencialidades y limitaciones del Pocket Lab ADALM1000 en el análisis de circuitos, así como su aplicabilidad en la enseñanza de teoría de circuitos que se imparte en Ingeniería Electromecánica. Se determinó que las herramientas complementarias para su uso son los softwares Alice Oscilloscope, LTspice y MATLAB, los cuales posibilitan la integración de simulaciones y mediciones experimentales en tiempo real, necesarios para potenciar el aprendizaje práctico e interactivo.
- Se establecieron los criterios y requerimientos para el diseño de guías de prácticas de análisis de circuitos empleando el Pocket Lab ADALM1000. Para ello, se describieron procedimientos de montaje, parámetros de configuración y adquisición de datos en circuitos reales con el objetivo de garantizar mediciones precisas y confiables. Estas guías permiten a los estudiantes desarrollar habilidades analíticas, comparar modelos teóricos con mediciones experimentales y mejorar su capacidad de interpretación de resultados.
- El desarrollo de guías de práctica en formato Live Scripts de MATLAB mejora el análisis de circuitos eléctricos al integrar, en un solo documento interactivo, instrucciones, cálculos, simulaciones y adquisición de datos en circuitos reales montados con el ADALM1000. No obstante, este Pocket Lab presenta ciertas limitaciones, entre ellas, su rango de medición reducido, lo que restringe su aplicación en el análisis de circuitos de potencia.
- El ADALM1000 se destaca como una herramienta innovadora, eficaz, portátil y de bajo costo para el análisis de circuitos eléctricos, permitiendo a los estudiantes desarrollar un aprendizaje autónomo. Además, su potencial se amplía al ser una solución de acceso abierto, siempre que se sustituya MATLAB por alternativas como Python, lo que mejora aún más su accesibilidad. Estas características facilitan la realización de prácticas experimentales, el fortalecimiento de la comprensión conceptual y el enriquecimiento de la formación a través del análisis comparativo de datos reales y simulados.

9 Recomendaciones

- Se recomienda incorporar el Pocket Lab ADALM1000 como herramienta complementaria para el desarrollo de competencias analíticas en circuitos eléctricos.
- Mantener la integración validada entre LTspice, Alice Desktop y el Pocket Lab ADALM1000, ya que esta combinación ha demostrado ser efectiva para la validación de conceptos teóricos mediante mediciones en tiempo real.
- Se recomienda aplicar la metodología que combina teoría, simulación y experimentación, facilitando la comprensión de fenómenos eléctricos tanto en corriente continua como alterna.
- Implementar guías prácticas interactivas en formato Live Scripts. Estos documentos permitirán a los estudiantes analizar y validar la teoría de circuitos a través de simulaciones y experimentación.
- Diseñar guías didácticas progresivas que combinan teoría, simulación y experimentación, asegurando una curva de aprendizaje adecuada.
- Se recomienda emplear Live Scripts para generar documentos interactivos que permitan visualizar cálculos, simulaciones y mediciones en un solo entorno.
- Realizar pruebas piloto para evaluar la precisión de los datos simulados y experimentales, asegurando un margen de error dentro de los parámetros establecidos y optimizando el factor de potencia según los criterios de análisis definidos en la investigación.
- Explorar la aplicación del Pocket Lab ADALM1000 en otras áreas relacionadas con la Ingeniería Electromecánica donde la experimentación práctica sea fundamental.

10 Bibliografía

- Analog Devices. (2015). *ADALM1000 Active Learning Module*.
https://www.mouser.ec/datasheet/2/609/Eval_ADALM1000_Documentation_Active_Learning_Modul-560346.pdf
- Analog devices. (2021, julio 9). *Instrumento virtual generador de forma de onda arbitraria para ADALM1000 en ALICE 1.3*.
<https://wiki.analog.com/university/tools/m1k/alice/desk-top-awg-users-guide>
- Analog Devices, & Mercer, D. (2021, marzo 23). *Descripción general de ADALM1000*.
Wiki de Analog Devices.
<https://wiki.analog.com/university/tools/m1k?rev=1616527981>
- Analog Devices, & Mercer, D. (2022, noviembre 26). *Interfaz de aprendizaje activo (para) circuitos (y) electrónica MIK: Alice*. Wiki de Analog Devices.
<https://wiki.analog.com/university/tools/m1k/alice/desk-top-users-guide>
- Analog devices, & Mercer, D. (2023, enero 17). *Osciloscopio e instrumentos virtuales de trazado XY para ADALM1000 en ALICE 1.3*. Wiki de Analog Devices.
<https://wiki.analog.com/university/tools/m1k/alice/oscilloscope-x-y-user-guide>
- Analog Devices, Mercer, D., & Miclaus, A. (2018, septiembre). *Tema de capacitación 9 de ADALM1000 SMU: Potencia y factor de potencia en circuitos de CA [ADALM1000 SMU Training Topic 9: Power and Power Factor in AC Circuits]*.
Wiki de Analog Devices. <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/studentzone/studentzone-september-2018.html>
- Azofra, J., & Azofra, D. (2011). *Ejercicios Resueltos y Explicados de Circuitos Monofásicos en Régimen Permanente Senoidal*. Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones.
- Chávez Romero, R. A. (2022). *Sílabo de la asignatura de circuitos eléctricos II*.
- Cuenca Granda, J. F. (2023). *Sílabo de la asignatura de circuitos eléctricos I*.
- Floyd, T. L. (2007). *Principios de circuitos Eléctricos* (8th ed). Pearson Educación, S.A.
https://hugochoque.com/wp-content/uploads/2022/05/Principios_de_circuitos_electricos.pdf
- González, M. L. (2018). *LTspice Análisis de circuitos y dispositivos electrónicos*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
<https://doi.org/10.35537/10915/69818>
- Madristsch, C., Klinger, T., Pester, A., & Schwab, W. (2017). *Work in Progres: Using Pocket Labs in Master Degree Programs* (M. E. Auer, D. Guralnick, & J.

- Uhomoibhi, Eds.; Vol. 545). Springer International Publishing.
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-50340-0_5
- Martínez Guardiola, F. J., Alavés Baeza, V., Romero Puig, N., Gimeno Nieves, E., & Francés Monllor, J. (2021). Utilización de Matlab Grader y Matlab Live Scripts para la docencia en asignaturas técnicas de Ingeniería. En R. (coord.); Satorre Cuerda, A. Menargues Marcilla, R. Díez Ros, & N. Pellín Buades (Eds.), *Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2021 (Xarxes d'Investigació i Innovació en Docència Universitària. Volum 2021)* (Vol. 2021, pp. 709-722). Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant.
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/119542/1/Redes-Investigacion-Innovacion-Docencia-Universitaria-2021_60.pdf
- MathWorks, I. (1994). *Crear scripts en vivo en Live Editor*.
https://la.mathworks.com/help/matlab/matlab_prog/create-live-scripts.html
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible ODS*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#>
- Nascimento, L. (2017). *Manual práctico do LTspice IV*.
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5782473/mod_resource/content/1/Manual%20Pr%C3%A1tico%20do%20LTSpice%20IV%20-%20Rev%208%20-%20Leandro%20do%20Nascimento.pdf
- Naula, X., & Revelo, D. (2018). *Análisis de la respuesta natural de circuitos RC, RL, RLC*. Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.
- Nevaranta, N., Jaatinen, P., Gräsbeck, K., & Pyrhönen, O. (2019). Interactive Learning Material for Control Engineering Education Using Matlab Live Scripts. *Proceedings of the 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 1150-1154. 10.1109/INDIN41052.2019.8972282
- Pérez Martínez, M., Ramos Guardarrama, J. I., Santos Baranda, J. I., Santos Fuentefrias, A., Raimundo Carlos, S. F., & Ayllón Fandiño, E. (2022). Propuestas metodológicas para el plan de estudios E de las asignaturas de circuitos eléctricos. *Ingeniería Energética*, 43(3). <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>
- Pérez Martínez, M., Ramos Guardarrama, J., Santos Baranda, J., & Silverio Freire, R. C. (2023). Empleo de softwares libres en la propuesta de las prácticas de laboratorios para las asignaturas de Circuitos Eléctricos. *Ingeniería Electromecánica*, 44(1). <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/724/863>

Universidad Nacional de Loja. (2023). *Electromecánica*.
https://unl.edu.ec/oferta_academica/facultad-de-la-energia-las-industrias-y-los-recursos-naturales-no-renovables/electromecanica-2019

11 Anexos

11.1 Anexo 1. Sílabos de la asignatura de circuitos eléctricos I



unl

Universidad
Nacional
de Loja

FACULTAD:	FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA:	ELECTROMECHANICA
MODALIDAD:	PRESENCIAL
CICLO:	4
PERÍODO ACADÉMICO ORDINARIO:	GRADO: período académico marzo-agosto 2024 modalidad presencial. Régimen 2019

SÍLABO DE LA ASIGNATURA CIRCUITOS ELÉCTRICOS I

Responsable: Cuenca Granda Jose Fabricio
Correo electrónico: jose.cuenca@unl.edu.ec
Dependencia para tutoría: A214

2024

Página 1 de 9

1. DATOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

- 1.1. DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA:** CIRCUITOS ELÉCTRICOS I
1.2. CÓDIGO DE LA ASIGNATURA: INSTITUCIONAL: E1,C4,A1 - UNESCO: 330602
1.3. UNIDAD DE ORGANIZACIÓN CURRICULAR: Unidad profesional
1.4. NÚMERO DE HORAS: 120

COMPONENTE DE APRENDIZAJE	NRO. HORAS SEMANALES	NRO. HORAS AL PERÍODO ACADÉMICO ORDINARIO
APRENDIZAJE EN CONTACTO CON EL DOCENTE	3,0	48
APRENDIZAJE PRÁCTICO EXPERIMENTAL	3,0	48
APRENDIZAJE AUTÓNOMO	1,5	24
TOTAL	7,5	120
NRO. TOTAL DE HORAS DE PRÁCTICAS PREPROFESIONALES / VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD	NO APLICA	NO APLICA

1.5. REQUERIMIENTOS:

1.5.1. PRERREQUISITOS:

CÓDIGO INSTITUCIONAL	CÓDIGO UNESCO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
		NO APLICA

1.5.2. CORREQUISITOS:

CÓDIGO INSTITUCIONAL	CÓDIGO UNESCO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
		NO APLICA

2. DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

2.1. PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA:

La asignatura Circuitos Eléctricos I forma parte del conjunto de asignaturas profesionalizantes que provee los fundamentos teóricos básicos para otras asignaturas del mismo campo, así como la formación de la parte de electricidad del perfil profesional de la carrera. La asignatura en mención estudia contenidos referentes a los circuitos eléctricos de corriente continua en sus fundamentos, leyes básicas, métodos, teoremas claves de electricidad, que le permitirá al estudiante de ingeniería electromecánica: identificar, analizar, comprender, modelar, diseñar y construir circuitos eléctricos, en aplicaciones de equipos y procesos electromecánicos y electrónicos.

La asignatura Circuitos Eléctricos I, se relaciona con otras asignaturas tales como Circuitos Eléctricos II y Electrónica Digital y Analógica, entre otras, contribuyendo con fundamentos teóricos y de carácter aplicativo para el desempeño académico del estudiante en la carrera de Electromecánica. Además, la asignatura en cuestión se torna fundamental y su conocimiento previo trasciende a unidades de la praxis profesional.

2.2. CONTRIBUCIÓN DE LA ASIGNATURA AL LOGRO DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DEL PERFIL DE EGRESO:

Página 2 de 9

NÚMERO DE LA UNIDAD:	NOMBRE DE LA UNIDAD:		DURACIÓN DE LA UNIDAD:			
			SEMANAS	HORAS		
RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA UNIDAD	Aplica los teoremas fundamentales de resolución de problemas de circuitos de corriente continua, la transformación responsable de la matriz energética.					
CONTENIDOS TEÓRICOS	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE					
	Aprendizaje en contacto con el docente (ACD)	NRO. HORAS	Aprendizaje práctico experimental (APE)	NRO. HORAS	Aprendizaje autónomo (AA)	NRO. HORAS
1. Análisis por nodos y mallas.	Clase magistrales. Demostraciones prácticas y simulaciones interactivas en el aula con circuitos eléctricos simples. Resolución de problemas con circuitos eléctricos y variables eléctricas. LE03. Análisis por nodos y mallas.	5,0	Desarrollo de actividades prácticas empleando equipos didácticos (Pocket lab) y de laboratorio, así como el empleo de simuladores relacionados con la temática abordada. PR05. Montaje y análisis de circuitos en serie y paralelo.	5,0	Lectura comprensiva de publicaciones bibliográficas, resolución de ejercicios modelo, montaje y análisis de circuitos eléctricos relacionados con la temática abordada.	2,5
2. Teoremas de circuitos y conversiones.	Clase magistrales. Demostraciones prácticas y simulaciones interactivas en el aula con circuitos eléctricos simples. Resolución de problemas con circuitos eléctricos y variables eléctricas. LE04. Teoremas de circuitos y conversiones.	5,0	Desarrollo de actividades prácticas empleando equipos didácticos (Pocket lab) y de laboratorio, así como el empleo de simuladores relacionados con la temática abordada. PR06. Validación de teoremas de circuitos y conversiones.	5,0	Lectura comprensiva de publicaciones bibliográficas, resolución de ejercicios modelo, montaje y análisis de circuitos eléctricos relacionados con la temática abordada. TAB4. Validación de teoremas de circuitos y conversiones.	2,5
3. Métodos avanzados de análisis de circuitos.	Clase magistrales. Demostraciones prácticas y simulaciones interactivas en el aula con circuitos eléctricos simples. Resolución de problemas con circuitos eléctricos y variables eléctricas. EU2. EVALUACIÓN DE UNIDAD 2	5,0	Desarrollo de actividades prácticas empleando equipos didácticos (Pocket lab) y de laboratorio, así como el empleo de simuladores relacionados con la temática abordada.	5,0	Lectura comprensiva de publicaciones bibliográficas, resolución de ejercicios modelo, montaje y análisis de circuitos eléctricos relacionados con la temática abordada.	2,5
TOTAL DE HORAS		15,0		15,0		7,5
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:	Examen de conocimientos de selección múltiple, análisis y desarrollo. Informes de prácticas individuales y grupales. Reportes de trabajos autónomos y grupales.					
ESCENARIOS DE APRENDIZAJE:	Aula. Laboratorio de Instalaciones eléctricas. Entorno Virtual (EVA).					
APORTE DE LA ASIGNATURA AL PROYECTO INTEGRADOR DE SABERES:	No aplica					

NÚMERO DE LA UNIDAD:	NOMBRE DE LA UNIDAD:		DURACIÓN DE LA UNIDAD:			
			SEMANAS	HORAS		
3	Circuitos de primer y segundo orden.		5	37,5		
RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA UNIDAD	Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente continua, para responder con pertinencia a la sociedad.					
CONTENIDOS TEÓRICOS	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE					
	Aprendizaje en contacto con el docente (ACD)	NRO. HORAS	Aprendizaje práctico experimental (APE)	NRO. HORAS	Aprendizaje autónomo (AA)	NRO. HORAS
1. Capacitores e inductores.	Clase magistrales. Demostraciones prácticas y simulaciones interactivas en el aula con circuitos eléctricos simples. Resolución de problemas con circuitos eléctricos y variables eléctricas. LE05. Capacitores e inductores.	5,0	Desarrollo de actividades prácticas empleando equipos didácticos (Pocket lab) y de laboratorio, así como el empleo de simuladores relacionados con la temática abordada. PR07. Compartimentación y caracterización de capacitores e inductores.	5,0	Lectura comprensiva de publicaciones bibliográficas, resolución de ejercicios modelo, montaje y análisis de circuitos eléctricos relacionados con la temática abordada. TAB5. Capacitores e inductores.	2,5

Página 4 de 9

2. Circuitos de primer orden.	Clase magistrales. Demostraciones prácticas y simulaciones interactivas en el aula con circuitos eléctricos simples. Resolución de problemas con circuitos eléctricos y variables eléctricas. LE06. Circuitos de primer orden.	5,0	Desarrollo de actividades prácticas empleando equipos didácticos (Pocket lab) y de laboratorio, así como el empleo de simuladores relacionados con la temática abordada. PR08. Análisis de circuitos de primer orden.	5,0	Lectura comprensiva de publicaciones bibliográficas, resolución de ejercicios modelo, montaje y análisis de circuitos eléctricos relacionados con la temática abordada. TAB6. Circuitos de primer orden.	2,5
3. Circuitos de segundo orden.	Clase magistrales. Demostraciones prácticas y simulaciones interactivas en el aula con circuitos eléctricos simples. Resolución de problemas con circuitos eléctricos y variables eléctricas. EU3. EVALUACIÓN UNIDAD 3	5,0	Desarrollo de actividades prácticas empleando equipos didácticos (Pocket lab) y de laboratorio, así como el empleo de simuladores relacionados con la temática abordada. PR09. Análisis de circuitos de segundo orden.	5,0	Lectura comprensiva de publicaciones bibliográficas, resolución de ejercicios modelo, montaje y análisis de circuitos eléctricos relacionados con la temática abordada. TAB7. Circuitos de segundo orden.	2,5
TOTAL DE HORAS		15,0		15,0		7,5
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:	Examen de conocimientos de selección múltiple, análisis y desarrollo. Informes de prácticas individuales y grupales. Reportes de trabajos autónomos y grupales.					
ESCENARIOS DE APRENDIZAJE:	Aula. Laboratorio de Instalaciones eléctricas. Entorno Virtual (EVA).					
APORTE DE LA ASIGNATURA AL PROYECTO INTEGRADOR DE SABERES:	No aplica					

3.2. ACTITUDES Y VALORES QUE SE DESARROLLAN Y/O FORTALECEN:

Trabajo en grupo, que implica el desarrollo de actitudes colaborativas y de liderazgo en la consecución de objetivos planteados y/o asignados.

Autoaprendizaje, comprendido como un acto autoreflexivo y complementario a la formación recibida en las aulas, incentivando la búsqueda individual de la información sobre temas abordados y relacionados con circuitos eléctricos de corriente continua.

Desarrollo e innovación mediante la aplicación de conceptos y la utilización de dispositivos eléctricos económicos y reciclados, placas de desarrollo, instrumentos de medición y aparatos eléctricos en la ejecución de proyectos prácticos.

Respeto a la diversidad e interculturalidad, en la construcción de una sociedad participativa e incluyente.

Honestidad, proceder con rectitud, disciplina, honradez y mística en el cumplimiento de sus obligaciones en todos los procesos institucionales, relaciones interinstitucionales y personales, como valores esenciales para la convivencia organizada confiable y segura a lo interno y externo de la Universidad.

3.3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS:

APRENDIZAJE EN CONTACTO CON EL DOCENTE (ACD)

- Clases magistrales presenciales o virtuales sobre los temas programados.
- Desarrollo de ejercicios y problemas prácticos empleando procesos manuales, con softwares de cálculo y simulación.
- Tutorías específicas.

APRENDIZAJE PRÁCTICO-EXPERIMENTAL (APE)

- Desarrollo individual y/o grupal de problemas de ingeniería con circuitos de complejidad media empleando elementos y circuitos reales de corriente continua.

Página 5 de 9

- Emplear instrumentos de medida y simulación para la medición y análisis de circuitos de corriente continua.

APRENDIZAJE AUTÓNOMO (AA)

- Aprendizaje basado en el desarrollo de tareas individuales.
- Aprendizaje basado en consultas, revisión bibliográfica y lectura comprensiva de publicaciones relacionadas sobre los temas puntuales.

3.4. RECURSOS Y MATERIALES DIDÁCTICOS:

Libros guía. Artículos científicos.

Presentaciones en power point y live scripts, conformada por imágenes, código de programación, diagramas, cuadros resúmenes que aborden la temática de estudio.

Entorno virtual de aprendizaje (EVA) para la interacción y compartimiento de recursos entre estudiantes y docente a través de internet (<https://eva.unl.edu.ec>).

Instrumentos de medición eléctrica (multímetro o pinza amperimétrica), osciloscopio, placas de desarrollo, dispositivos IoT, fuentes eléctricas de CC, protoboard, conductores y elementos eléctricos activos y pasivos.

Pocket Lab ADALM1000, Software de simulación LTSpice, Software ALICE, Software gnuplot plotting, Kit de partes ADAML2000 de Analog Device.

3.5. TIPO DE APRENDIZAJE QUE SE DESARROLLA:

Aprendizaje en contacto con el docente	(X)	Aprendizaje práctico experimental	(X)	Aprendizaje autónomo	(X)
--	-----	-----------------------------------	-----	----------------------	-----

4. HORARIO DE CLASE DE LA ASIGNATURA

DÍA HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
13:00:00-14:00:00	X			X			
14:00:00-15:00:00	X			X			
15:00:00-16:00:00					X		
16:00:00-17:00:00					X		

5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA

COMPONENTE A SER EVALUADO	EVALUACIÓN 1		EVALUACIÓN 2		EVALUACIÓN 3	
	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)
Aprendizaje en contacto con el docente	Lecciones (orales o escritas)	20 % - 2,0	Lecciones (orales o escritas)	20 % - 2,0	Lecciones (orales o escritas)	20 % - 2,0
Aprendizaje práctico experimental	Resolución de ejercicios	25 % - 2,5	Resolución de ejercicios	25 % - 2,5	Resolución de ejercicios	25 % - 2,5
Aprendizaje autónomo	Productos académicos que elabora el estudiante, de modo individual y grupal	20 % - 2,0	Productos académicos que elabora el estudiante, de modo individual y grupal	20 % - 2,0	Productos académicos que elabora el estudiante, de modo individual y grupal	20 % - 2,0
Evaluación sumativa		35 % - 3,5		35 % - 3,5		35 % - 3,5

Página 6 de 9

COMPONENTE A SER EVALUADO	EVALUACIÓN 1		EVALUACIÓN 2		EVALUACIÓN 3	
	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)
	Evaluación de fin de unidad didáctica o tema de estudio (teórica, práctica o teórico-práctica)		Evaluación de fin de unidad didáctica o tema de estudio (teórica, práctica o teórico-práctica)		Evaluación de fin de unidad didáctica o tema de estudio (teórica, práctica o teórico-práctica)	
TOTAL:		100 %		100 %		100 %

NOTA:

- **CALIFICACIÓN FINAL DE LA ASIGNATURA:** conforme a las "DIRECTRICES INSTITUCIONALES PARA LA PLANIFICACIÓN ACADÉMICA Y DE CARGA HORARIA DE LOS DOCENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA", en su Anexo 3 sección "4.6. PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA" manifiesta que: "... la calificación final de la asignatura resulta del promedio de las calificaciones de cada una de las unidades". [\(Ver directrices de planificación\)](#)
- **EVALUACIÓN DE RECUPERACIÓN:** conforme los "LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN..." en sus Puntos 2.1 a 2.4 manifiesta que: "Se aplicará la evaluación ... a los estudiantes que hayan reprobado menos del 20% del total de ... horas", "... rendirán una sola evaluación de recuperación en la o las asignaturas en las que no ha alcanzado la nota mínima ... (7/10 puntos)", "La evaluación de recuperación será calificada con el 60% y será sumada al 40% de la calificación lograda por el estudiante en la o las asignaturas reprobadas. De esto, la calificación mínima que debe tener el estudiante para acceder a la evaluación de recuperación es de 2,75/10 puntos." y "... no podrá ser aplicada a los estudiantes que reprobren la asignatura por inasistencias o por retiro y, a quienes cursen la o las asignaturas en tercera matrícula." [\(Ver lineamientos\)](#)

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1 BÁSICA:

6.1.1 FÍSICA:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	CIUDAD, PAÍS DE PUBLICACIÓN	EDICIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
Fraille Mora, Jesús	Circuitos Eléctricos	Madrid		2012	Pearson	9788483227954
Hayt, William H. ; Kemmerly, Jack E.; Durbin, Steven M.	Análisis de circuitos en Ingeniería.	MEXICO	Octava	2012	McGraw-Hill	9786071508027
Alexander, Chales K.; Sadiku, Matthew N.O	Fundamentos de circuitos eléctricos.	MEXICO	Sexta	2018	McGraw-Hill	9781456260897
Floyd, Thomas L.	Principio de circuitos eléctricos	México	Octava	2007	Pearson	9789702609674

6.1.2 VIRTUAL:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	DIRECCIÓN ELECTRÓNICA	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
-------	------------------	-----------------------	--------------------	-----------	------

6.2 COMPLEMENTARIA:

6.2.1 FÍSICA:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	CIUDAD, PAÍS DE PUBLICACIÓN	EDICIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
-------	------------------	-----------------------------	---------	--------------------	-----------	------

6.2.2 VIRTUAL:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	DIRECCIÓN ELECTRÓNICA	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
-------	------------------	-----------------------	--------------------	-----------	------

Página 7 de 9

6.2.3 RECURSOS DE INTERNET:

AUTOR	TÍTULO	CIUDAD, PAÍS DE PUBLICACIÓN	DIRECCIÓN ELECTRÓNICA	AÑO DE PUBLICACIÓN	ISBN/ISSN
Mercer, Doug	University Program online teaching materials		Acceder a recurso	2021	
Mercer, Doug	Electronics I and II		Acceder a recurso	2021	
MathWorks	Characterize an LED with ADALM1000		Acceder a recurso	2023	

7. PERFIL DEL PROFESOR O PROFESORA DE LA ASIGNATURA

7.1. TÍTULO(S) DE TERCER NIVEL, REGISTRADO EN LA SENESCYT:

INGENIERO ELECTROMECHANICO

7.2. TÍTULO(S) DE CUARTO NIVEL, REGISTRADO EN LA SENESCYT:

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO

7.3. AÑOS DE EXPERIENCIA DOCENTE:

6

7.4. AÑOS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL:

3

8. RELACION DE LOS CONTENIDOS CON LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA	CONTRIBUCIÓN	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
Unidad 1 - Leyes básicas de los circuitos eléctricos de corriente continua.	ALTA	Comprender las leyes básicas que rigen el funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente continua y aplica metodologías para la solución de problemas de circuitos eléctricos de corriente continua, observando principios de eficiencia para el desarrollo responsable de la matriz energética.
Unidad 2 - Teoremas de circuitos eléctricos de corriente continua.	ALTA	Aplica los teoremas fundamentales de resolución de problemas de circuitos de corriente continua, la transformación responsable de la matriz energética.
Unidad 3 - Circuitos de primer y segundo orden.	MEDIA	Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente continua, para responder con pertinencia a la sociedad.

9. RELACION DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA CON LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DEL PERFIL DE EGRESO


RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA	CONTRIBUCIÓN	PERFIL DE EGRESO DE LA CARRERA
Comprender las leyes básicas que rigen el funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente continua y aplica metodologías para la solución de problemas de circuitos eléctricos de corriente continua, observando principios de eficiencia para el desarrollo responsable de la matriz energética.	ALTA	Aplica los fundamentos de las ciencias básicas, ingeniería y tecnología eléctricas como los circuitos eléctricos, teoría electromagnética, sistemas eléctricos de potencia, redes de distribución eléctrica, sistemas de conversión y distribución de energía, optimización de operaciones de sistemas eléctricos de potencia y redes eléctricas inteligentes para promover capacidades profesionales para desarrollar la evaluación, análisis, diseño, selección, mantenimiento, producción, operación, explotación, automatización, y transformación de sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para el suministro de energía utilizando máquinas, equipos e instalaciones utilizadas en los sistemas electro-energéticos, con solidaridad y transparencia.
Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente continua, para responder con pertinencia a la sociedad.	ALTA	Aplica los fundamentos de las ciencias básicas, ingeniería y tecnología eléctricas como los circuitos eléctricos, teoría electromagnética, sistemas eléctricos de potencia, redes de distribución eléctrica, sistemas de conversión y distribución de

Página 8 de 9

RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA	CONTRIBUCIÓN	PERFIL DE EGRESO DE LA CARRERA
Aplica los teoremas fundamentales de resolución de problemas de circuitos de corriente continua, la transformación responsable de la matriz energética.		energía, optimización de operaciones de sistemas eléctricos de potencia y redes eléctricas inteligentes para promover capacidades profesionales para desarrollar la evaluación, análisis, diseño, selección, mantenimiento, producción, operación, explotación, automatización, y transformación de sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para el suministro de energía utilizando máquinas, equipos e instalaciones utilizadas en los sistemas electro-energéticos, con solidaridad y transparencia.
Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente continua, para responder con pertinencia a la sociedad.	MEDIA	Aplica los fundamentos de las ciencias básicas, ingeniería y tecnología eléctricas como los circuitos eléctricos, teoría electromagnética, sistemas eléctricos de potencia, redes de distribución eléctrica, sistemas de conversión y distribución de energía, optimización de operaciones de sistemas eléctricos de potencia y redes eléctricas inteligentes para promover capacidades profesionales para desarrollar la evaluación, análisis, diseño, selección, mantenimiento, producción, operación, explotación, automatización, y transformación de sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para el suministro de energía utilizando máquinas, equipos e instalaciones utilizadas en los sistemas electro-energéticos, con solidaridad y transparencia.

10. ELABORACIÓN Y APROBACIÓN

10.1. PROFESOR RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL SÍLABO:

APELLIDOS Y NOMBRES	FIRMAS	FECHA
Cuenca Granda Jose Fabricio	 ROSE FABRICIO CUENCA GRANDA	17 de Febrero de 2024

10.2. FECHA DE APROBACIÓN: 15 de Marzo de 2024

10.3. FIRMAS DE APROBACIÓN:



F)

DIRECTOR/A Y/O ENCARGADO/A DE GESTIÓN ACADÉMICA DE LA CARRERA

Página 9 de 9

11.2 Anexo 2. Sílabo de la asignatura de circuitos eléctricos II



Universidad
Nacional
de Loja

FACULTAD:	FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA:	ELECTROMECAICA
MODALIDAD:	PRESENCIAL
CICLO:	5
PERÍODO ACADÉMICO ORDINARIO:	Pregrado: periodo académico ordinario octubre 2022-marzo 2023 presencial. Régimen 2019

SÍLABO DE LA ASIGNATURA CIRCUITOS ELÉCTRICOS II

Responsable: Chavez Romero Raul Alberto
Correo electrónico: raul.a.chavez@unl.edu.ec
Dependencia para tutoría: Sala de docencia A713

2022

Página 1 de 11

1. DATOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

- 1.1. DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA:** CIRCUITOS ELÉCTRICOS II
1.2. CÓDIGO DE LA ASIGNATURA: INSTITUCIONAL: E1,C5,A1 - UNESCO: 330602
1.3. UNIDAD DE ORGANIZACIÓN CURRICULAR: Unidad profesional
1.4. NÚMERO DE HORAS: 120

COMPONENTE DE APRENDIZAJE	NRO. HORAS SEMANALES	NRO. HORAS AL PERÍODO ACADÉMICO ORDINARIO
APRENDIZAJE EN CONTACTO CON EL DOCENTE	3,0	48
APRENDIZAJE PRÁCTICO EXPERIMENTAL	3,0	48
APRENDIZAJE AUTÓNOMO	1,5	24
TOTAL	7,5	120
NRO. TOTAL DE HORAS DE PRÁCTICAS PREPROFESIONALES / VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD	NO APLICA	NO APLICA

1.5. REQUERIMIENTOS:

1.5.1. PRERREQUISITOS:

CÓDIGO INSTITUCIONAL	CÓDIGO UNESCO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
E1,C4,A1	330602	CIRCUITOS ELÉCTRICOS I

1.5.2. CORREQUISITOS:

CÓDIGO INSTITUCIONAL	CÓDIGO UNESCO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
		NO APLICA

- 1.6. PROYECTO DE INTEGRACIÓN DE SABERES A DESARROLLARSE EN LA UNIDAD DE ORGANIZACIÓN CURRICULAR:**
SISTEMAS DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA

2. DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

2.1. PROPÓSITO DE LA ASIGNATURA:

Página 2 de 11

LA ASIGNATURA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO, TIENE COMO PROPÓSITO APORTAR AL ESTUDIANTE DEL CICLO OCHO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA, LOS FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS, QUE LE PERMITAN LOGRAR CONOCIMIENTOS, CAPACIDADES, ACTITUDES Y VALORES PARA LA FUNDAMENTACIÓN DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTALACIÓN RESIDENCIAL, COMERCIAL O INDUSTRIAL Y LA SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES ADECUADAS.

2.2. CONTRIBUCIÓN DE LA ASIGNATURA AL LOGRO DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DEL PERFIL DE EGRESO:

ESTA ASIGNATURA ESTÁ UBICADA EN LA UNIDAD PROFESIONAL DE LA ORGANIZACIÓN CURRICULAR Y CONTRIBUYE EN LA FORMACIÓN DEL ESTUDIANTE, TODA VEZ, QUE LE PERMITE REFLEXIONAR SOBRE EL PROCESO MENTAL Y COGNITIVO, RACIONAL, LÓGICO Y CREATIVO, EVOLUTIVO Y CONTEXTUAL PARA EVALUAR LAS CARGAS CONECTADAS EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA, PROYECTAR SU DEMANDA, SELECCIONAR LAS PROTECCIONES DE LOS CIRCUITOS E IDENTIFICAR LOS TIPOS DE INSTALACIONES. TODO ESTO TIENE RELACION Y CONTRIBUYE DE FORMA DIRECTA CON EL PERFIL DE EGRESO Y LOS OBJETIVOS CURRICULARES DE LA CARRERA.

3. ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LA ASIGNATURA

3.1. CONTENIDOS Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE POR UNIDAD:

NÚMERO DE LA UNIDAD:	NOMBRE DE LA UNIDAD:	DURACIÓN DE LA UNIDAD:				
		SEMANAS	HORAS			
1	Senoides y fasores	4	30,0			
RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA UNIDAD	Interpreta las leyes básicas y conceptos que rigen el funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente alterna, aplicando la metodología para la solución de problemas y observando principios de eficiencia, para el desarrollo de la matriz energética.					
CONTENIDOS TEÓRICOS	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE					
	Aprendizaje en contacto con el docente (ACD)	NRO. HORAS	Aprendizaje práctico experimental (APE)	NRO. HORAS	Aprendizaje autónomo (AA)	NRO. HORAS
Carga y corriente eléctrica. Potencial eléctrico. Elementos activos y pasivos (Resistencia, Inductancia y Capacitancia).	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Leyes de Kirchhoff	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	3,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	2,0
Formas de onda. Valor medio. Valor eficaz. Intensidades de corriente senoidales, tensiones senoidales.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Números complejos. Fasores	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	3,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	2,0
Impedancia y admitancia compleja y notación fasorial, ángulo de fase.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	3,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
TOTAL DE HORAS		13,0		10,0		7,0
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:	Plantear estudios de caso prácticos para que los alumnos desarrollen la capacidad de investigación y apliquen los conocimientos aprendidos. Aplicar lecciones orales o escritas para controlar el dominio de los fundamentos teóricos. Enviar trabajos de investigación, para que luego los estudiantes realicen exposiciones y así evaluar el dominio del tema.					
ESCENARIOS DE APRENDIZAJE:	Aula. Entorno virtual de aprendizaje (EVA). Laboratorio.					

APORTE DE LA ASIGNATURA AL PROYECTO INTEGRADOR DE SABERES: La asignatura de Suministro eléctrico esta relacionada con los fundamentos para calcular la demanda eléctrica, calculo de circuitos de iluminación, las protecciones eléctricas que se deben instalar en un circuito, y el diseño de instalaciones eléctricas, residenciales, comerciales e industriales, por tanto, puede surgir un proyecto de emprendimiento destinado a diseñar e instalar este tipo de circuitos por parte de los nuevos profesionales de la carrera de electromecánica.

NÚMERO DE LA UNIDAD:	NOMBRE DE LA UNIDAD:	DURACIÓN DE LA UNIDAD:				
		SEMANAS	HORAS			
2	Teoremas de circuitos de corriente alterna	4	30,0			
RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA UNIDAD	Aplica los teoremas fundamentales para la resolución de problemas de circuitos de corriente alterna, evaluando su aplicabilidad en el desarrollo de la distribución de energía de la sociedad.					
CONTENIDOS TEÓRICOS	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE					
	Aprendizaje en contacto con el docente (ACD)	NRO. HORAS	Aprendizaje práctico experimental (APE)	NRO. HORAS	Aprendizaje autónomo (AA)	NRO. HORAS
Circuitos serie	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Circuitos paralelo	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Circuito de dos ramas en paralelo	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Impedancia – Admitancia. Conversión Z Y	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Admitancia serie y paralelo	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Método de las corrientes de malla	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Método de las tensiones en los nudos.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Teorema de superposición.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Teoremas de Thévenin y Norton	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Teorema de transferencia de máxima potencia.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
Transformación estrella triángulo.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	0,5
TOTAL DE HORAS		12,0		12,0		6,0
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:	Plantear estudios de caso prácticos para que los alumnos desarrollen la capacidad de investigación y apliquen los conocimientos aprendidos. Aplicar lecciones orales o escritas para controlar el dominio de los fundamentos teóricos. Enviar trabajos de investigación, para que luego los estudiantes realicen exposiciones y así evaluar el dominio del tema.					
ESCENARIOS DE APRENDIZAJE:	Aula. Entorno virtual de aprendizaje (EVA). Laboratorio.					

APORTE DE LA ASIGNATURA AL PROYECTO INTEGRADOR DE SABERES:	La asignatura de Circuitos Eléctricos II, esta relacionada con los fundamentos para el diseño y resolución de circuitos de corriente alterna en serie, paralelo o mixtos de elementos pasivos como resistencias, capacitores y bobinas, y esto es la base para el diseño de maquinas eléctricas, circuitos de potencia, etc. por tanto puede surgir un emprendimiento referente a estos temas por parte de los nuevos profesionales de electromecánica.				
NÚMERO DE LA UNIDAD:	NOMBRE DE LA UNIDAD:			DURACIÓN DE LA UNIDAD:	
3	Análisis de potencia			SEMANAS	HORAS
				3	22,5
RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA UNIDAD	Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente alterna, a través de la aplicación de las leyes físicas relacionadas, para responder con pertinencia a los requerimientos de la distribución de energía para la transformación de la matriz Energética de la sociedad.				
CONTENIDOS TEÓRICOS	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE				
	Aprendizaje en contacto con el docente (ACD)	NRO. HORAS	Aprendizaje práctico experimental (APE)	NRO. HORAS	Aprendizaje autónomo (AA)
Potencia en el dominio del tiempo.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Potencia en estado estacionario sinusoidal.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Potencia media o activa.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	1,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Potencia reactiva.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Potencia compleja, aparente y triángulo de potencias.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Mejora del factor de potencia.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
TOTAL DE HORAS		9,0		9,0	4,5
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:	Plantear estudios de caso prácticos para que los alumnos desarrollen la capacidad de investigación y apliquen los conocimientos aprendidos. Aplicar lecciones orales o escritas para controlar el dominio de los fundamentos teóricos. Enviar trabajos de investigación, para que luego los estudiantes realicen exposiciones y así evaluar el dominio del tema.				
ESCENARIOS DE APRENDIZAJE:	Aula. Entorno virtual de aprendizaje (EVA). Laboratorio.				
APORTE DE LA ASIGNATURA AL PROYECTO INTEGRADOR DE SABERES:	La asignatura de Circuitos Eléctricos II, esta relacionada con los fundamentos para el diseño y resolución de circuitos de corriente alterna en serie, paralelo o mixtos de elementos pasivos como resistencias, capacitores y bobinas, y esto es la base para el diseño de maquinas eléctricas, circuitos de potencia, etc. por tanto puede surgir un emprendimiento referente a estos temas por parte de los nuevos profesionales de electromecánica.				
NÚMERO DE LA UNIDAD:	NOMBRE DE LA UNIDAD:			DURACIÓN DE LA UNIDAD:	
4	Circuitos eléctricos de corriente alterna monofásicos y trifásicos.			SEMANAS	HORAS
				5	37,5
RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA UNIDAD	Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente alterna, a través de la aplicación de las leyes físicas relacionadas, para responder con pertinencia a los requerimientos de la distribución de energía para la transformación de la matriz Energética de la sociedad.				
CONTENIDOS TEÓRICOS	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE				
	Aprendizaje en contacto con el docente (ACD)	NRO. HORAS	Aprendizaje práctico experimental (APE)	NRO. HORAS	Aprendizaje autónomo (AA)
Sistemas monofásicos y trifásicos	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	9,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Sistemas en triángulo y en estrella.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Cargas equilibradas en triángulo.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Cargas equilibradas en estrella a 4 conductores	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso práctico.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Equivalencia estrella - triángulo.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Potencia trifásica	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
Medida de potencia y método de los vatímetros.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.
TOTAL DE HORAS		21,0		9,0	7,5
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:	Plantear estudios de caso prácticos para que los alumnos desarrollen la capacidad de investigación y apliquen los conocimientos aprendidos. Aplicar lecciones orales o escritas para controlar el dominio de los fundamentos teóricos. Enviar trabajos de investigación, para que luego los estudiantes realicen exposiciones y así evaluar el dominio del tema.				
ESCENARIOS DE APRENDIZAJE:	Aula. Entorno virtual de aprendizaje (EVA). Laboratorio.				
APORTE DE LA ASIGNATURA AL PROYECTO INTEGRADOR DE SABERES:	La asignatura de Circuitos Eléctricos II, esta relacionada con los fundamentos para el diseño y resolución de circuitos de corriente alterna en serie, paralelo o mixtos de elementos pasivos como resistencias, capacitores y bobinas, y esto es la base para el diseño de maquinas eléctricas, circuitos de potencia, etc. por tanto puede surgir un emprendimiento referente a estos temas por parte de los nuevos profesionales de electromecánica.				

Página 5 de 11

	Aprendizaje en contacto con el docente (ACD)	NRO. HORAS	Aprendizaje práctico experimental (APE)	NRO. HORAS	Aprendizaje autónomo (AA)	NRO. HORAS
Sistemas monofásicos y trifásicos	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	9,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Sistemas en triángulo y en estrella.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Cargas equilibradas en triángulo.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Cargas equilibradas en estrella a 4 conductores	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso práctico.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Equivalencia estrella - triángulo.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	1,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Potencia trifásica	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,0
Medida de potencia y método de los vatímetros.	Clases presenciales. Lecturas dirigidas.	2,0	Trabajos grupales de estudios de caso prácticos.	2,0	Lectura de artículos relacionados al tema. Resolución de estudios de caso prácticos.	1,5
TOTAL DE HORAS		21,0		9,0		7,5
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:	Plantear estudios de caso prácticos para que los alumnos desarrollen la capacidad de investigación y apliquen los conocimientos aprendidos. Aplicar lecciones orales o escritas para controlar el dominio de los fundamentos teóricos. Enviar trabajos de investigación, para que luego los estudiantes realicen exposiciones y así evaluar el dominio del tema.					
ESCENARIOS DE APRENDIZAJE:	Aula. Entorno virtual de aprendizaje (EVA). Laboratorio.					
APORTE DE LA ASIGNATURA AL PROYECTO INTEGRADOR DE SABERES:	La asignatura de Circuitos Eléctricos II, esta relacionada con los fundamentos para el diseño y resolución de circuitos de corriente alterna en serie, paralelo o mixtos de elementos pasivos como resistencias, capacitores y bobinas, y esto es la base para el diseño de maquinas eléctricas, circuitos de potencia, etc. por tanto puede surgir un emprendimiento referente a estos temas por parte de los nuevos profesionales de electromecánica.					

3.2. ACTITUDES Y VALORES QUE SE DESARROLLAN Y/O FORTALECEN:

- Creatividad
- Criticidad
- Responsabilidad
- Honestidad
- Transparencia
- Profesionalismo
- Ética profesional

3.3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS:

Las estrategias metodológicas que posibilitaran el desarrollo de los conocimientos, capacidades, actitudes, motivaciones y valores, así como el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje está en función de los objetivos de la asignatura y los resultados de aprendizaje. Estas estrategias son:

- Aprendizaje basado en problemas prácticos del campo profesional.
- Aprendizaje en proyectos individuales o grupales.

Página 6 de 11

COMPONENTE A SER EVALUADO	EVALUACIÓN 1		EVALUACIÓN 2		EVALUACIÓN 3		EVALUACIÓN 4	
	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)
TOTAL:		100 %		100 %		100 %		100 %

NOTA:

- **CALIFICACIÓN FINAL DE LA ASIGNATURA:** conforme a las "DIRECTRICES INSTITUCIONALES PARA LA PLANIFICACIÓN ACADÉMICA Y DE CARGA HORARIA DE LOS DOCENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA", en su Anexo 3 sección "4.6. PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA" manifiesta que: "... la calificación final de la asignatura resulta del promedio de las calificaciones de cada una de las unidades". [\(Ver directrices de planificación\)](#)
- **EVALUACIÓN DE RECUPERACIÓN:** conforme los "LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN...." en sus Puntos 2.1 a 2.4 manifiesta que: "Se aplicará la evaluación ... a los estudiantes que hayan reprobado **menos del 20% del total de ... horas**", "... rendirán **una sola evaluación de recuperación** en la o las asignaturas en las que no ha alcanzado la noma mínima ... (7/10 puntos)", "La evaluación de recuperación **será calificada con el 60% y será sumada al 40% de la calificación lograda por el estudiante en la o las asignaturas reprobadas.** De esto, **la calificación mínima que debe tener el estudiante para acceder a la evaluación de recuperación es de 2,75/10 puntos.**" y "... **no podrá ser aplicada a los estudiantes que reprobren la asignatura por inasistencias o por retiro y, a quienes cursen la o las asignaturas en tercera matrícula.**" [\(Ver lineamientos\)](#)

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1 BÁSICA:

6.1.1 FÍSICA:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	CIUDAD, PAÍS DE PUBLICACIÓN	EDICIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
FRAILE MORA, Jesús	Circuitos Eléctricos	Madrid, España		2012	Pearson	978-84-8322-795-4
EDMINISTER, Joseph NAHVI, Mahmood	Circuitos Eléctricos	Madrid, España	Tercera	1997	Mc Graw Hill	0-07-018999-4
ALEXANDER, Charles SADIKU Matthew	Fundamentos de circuitos eléctricos	México, México	Quinta	2013	Mc Graw Hill	978-607-15-0948-2
IRWIN, J. David	Análisis básico de circuitos en Ingeniería	México, México	Quinta	1997	Prentice - Hall Hispanoamericana S.A.	968-880-816-4

6.1.2 VIRTUAL:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	DIRECCIÓN ELECTRÓNICA	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
-------	------------------	-----------------------	--------------------	-----------	------

6.2 COMPLEMENTARIA:

6.2.1 FÍSICA:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	CIUDAD, PAÍS DE PUBLICACIÓN	EDICIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
-------	------------------	-----------------------------	---------	--------------------	-----------	------

6.2.2 VIRTUAL:

Página 8 de 11

COMPONENTE A SER EVALUADO	EVALUACIÓN 1		EVALUACIÓN 2		EVALUACIÓN 3		EVALUACIÓN 4	
	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	PONDERACIÓN (%-PUNTOS)
TOTAL:		100 %		100 %		100 %		100 %

NOTA:

- **CALIFICACIÓN FINAL DE LA ASIGNATURA:** conforme a las "DIRECTRICES INSTITUCIONALES PARA LA PLANIFICACIÓN ACADÉMICA Y DE CARGA HORARIA DE LOS DOCENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA", en su Anexo 3 sección "4.6. PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA" manifiesta que: "... la calificación final de la asignatura resulta del promedio de las calificaciones de cada una de las unidades". [\(Ver directrices de planificación\)](#)
- **EVALUACIÓN DE RECUPERACIÓN:** conforme los "LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN...." en sus Puntos 2.1 a 2.4 manifiesta que: "Se aplicará la evaluación ... a los estudiantes que hayan reprobado **menos del 20% del total de ... horas**", "... rendirán **una sola evaluación de recuperación** en la o las asignaturas en las que no ha alcanzado la noma mínima ... (7/10 puntos)", "La evaluación de recuperación **será calificada con el 60% y será sumada al 40% de la calificación lograda por el estudiante en la o las asignaturas reprobadas.** De esto, **la calificación mínima que debe tener el estudiante para acceder a la evaluación de recuperación es de 2,75/10 puntos.**" y "... **no podrá ser aplicada a los estudiantes que reprobren la asignatura por inasistencias o por retiro y, a quienes cursen la o las asignaturas en tercera matrícula.**" [\(Ver lineamientos\)](#)

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1 BÁSICA:

6.1.1 FÍSICA:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	CIUDAD, PAÍS DE PUBLICACIÓN	EDICIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
FRAILE MORA, Jesús	Circuitos Eléctricos	Madrid, España		2012	Pearson	978-84-8322-795-4
EDMINISTER, Joseph NAHVI, Mahmood	Circuitos Eléctricos	Madrid, España	Tercera	1997	Mc Graw Hill	0-07-018999-4
ALEXANDER, Charles SADIKU Matthew	Fundamentos de circuitos eléctricos	México, México	Quinta	2013	Mc Graw Hill	978-607-15-0948-2
IRWIN, J. David	Análisis básico de circuitos en ingeniería	México, México	Quinta	1997	Prentice - Hall Hispanoamericana S.A.	968-880-816-4

6.1.2 VIRTUAL:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	DIRECCIÓN ELECTRÓNICA	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
-------	------------------	-----------------------	--------------------	-----------	------

6.2 COMPLEMENTARIA:

6.2.1 FÍSICA:

AUTOR	TÍTULO DEL LIBRO	CIUDAD, PAÍS DE PUBLICACIÓN	EDICIÓN	AÑO DE PUBLICACIÓN	EDITORIAL	ISBN
-------	------------------	-----------------------------	---------	--------------------	-----------	------

6.2.2 VIRTUAL:

Página 8 de 11

6.2.3 RECURSOS DE INTERNET:

AUTOR	TÍTULO	CIUDAD, PAÍS DE PUBLICACIÓN	DIRECCIÓN ELECTRÓNICA	AÑO DE PUBLICACIÓN	ISBN/ISSN
-------	--------	-----------------------------	-----------------------	--------------------	-----------

7. PERFIL DEL PROFESOR O PROFESORA DE LA ASIGNATURA

7.1. TÍTULO(S) DE TERCER NIVEL, REGISTRADO EN LA SENESCYT:

INGENIERO ELECTROMECHANICO

7.2. TÍTULO(S) DE CUARTO NIVEL, REGISTRADO EN LA SENESCYT:

MAGISTER EN GESTION DE SISTEMAS ENERGETICOS EN EDIFICACIONES

7.3. AÑOS DE EXPERIENCIA DOCENTE:

7.4. AÑOS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL:

3

8. RELACIÓN DE LOS CONTENIDOS CON LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA	CONTRIBUCIÓN	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
Unidad 1 - Senoides y fasores	ALTA	Interpreta las leyes básicas y conceptos que rigen el funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente alterna, aplicando la metodología para la solución de problemas y observando principios de eficiencia, para el desarrollo de la matriz energética.
Unidad 2 - Teoremas de circuitos de corriente alterna	ALTA	Aplica los teoremas fundamentales para la resolución de problemas de circuitos de corriente alterna, evaluando su aplicabilidad en el desarrollo de la distribución de energía de la sociedad.
Unidad 3 - Análisis de potencia	ALTA	Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente alterna, a través de la aplicación de las leyes físicas relacionadas, para responder con pertinencia a los requerimientos de la distribución de energía para la transformación de la matriz Energética de la sociedad.
Unidad 4 - Circuitos eléctricos de corriente alterna monofásicos y trifásicos.	ALTA	Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente alterna, a través de la aplicación de las leyes físicas relacionadas, para responder con pertinencia a los requerimientos de la distribución de energía para la transformación de la matriz Energética de la sociedad.

9. RELACIÓN DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA CON LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DEL PERFIL DE EGRESO

Página 9 de 11

RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA	CONTRIBUCIÓN	PERFIL DE EGRESO DE LA CARRERA
Analiza la respuesta natural de los circuitos eléctricos de corriente alterna, a través de la aplicación de las leyes físicas relacionadas, para responder con pertinencia a los requerimientos de la distribución de energía para la transformación de la matriz Energética de la sociedad.	ALTA	Aplica los fundamentos de las ciencias básicas, ingeniería y tecnología eléctricas como los circuitos eléctricos, teoría electromagnética, sistemas eléctricos de potencia, redes de distribución eléctrica, sistemas de conversión y distribución de energía, optimización de operaciones de sistemas eléctricos de potencia y redes eléctricas inteligentes para promover capacidades profesionales para desarrollar la evaluación, análisis, diseño, selección, mantenimiento, producción, operación, explotación, automatización, y transformación de sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para el suministro de energía utilizando máquinas, equipos e instalaciones utilizadas en los sistemas electro-energéticos, con solidaridad y transparencia.
Aplica los teoremas fundamentales para la resolución de problemas de circuitos de corriente alterna, evaluando su aplicabilidad en el desarrollo de la distribución de energía de la sociedad.	ALTA	Aplica los fundamentos de las ciencias básicas, ingeniería y tecnología eléctricas como los circuitos eléctricos, teoría electromagnética, sistemas eléctricos de potencia, redes de distribución eléctrica, sistemas de conversión y distribución de energía, optimización de operaciones de sistemas eléctricos de potencia y redes eléctricas inteligentes para promover capacidades profesionales para desarrollar la evaluación, análisis, diseño, selección, mantenimiento, producción, operación, explotación, automatización, y transformación de sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para el suministro de energía utilizando máquinas, equipos e instalaciones utilizadas en los sistemas electro-energéticos, con solidaridad y transparencia.
Interpreta las leyes básicas y conceptos que rigen el funcionamiento de los circuitos eléctricos de corriente alterna, aplicando la metodología para la solución de problemas y observando principios de eficiencia, para el desarrollo de la matriz energética.	ALTA	Aplica los fundamentos de las ciencias básicas, ingeniería y tecnología eléctricas como los circuitos eléctricos, teoría electromagnética, sistemas eléctricos de potencia, redes de distribución eléctrica, sistemas de conversión y distribución de energía, optimización de operaciones de sistemas eléctricos de potencia y redes eléctricas inteligentes para promover capacidades profesionales para desarrollar la evaluación, análisis, diseño, selección, mantenimiento, producción, operación, explotación, automatización, y transformación de sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para el suministro de energía utilizando máquinas, equipos e instalaciones utilizadas en los sistemas electro-energéticos, con solidaridad y transparencia.

10. ELABORACIÓN Y APROBACIÓN

10.1. PROFESOR RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL SÍLABO:

APELLIDOS Y NOMBRES	FIRMAS	FECHA
Chavez Romero Raul Alberto		31 de Octubre de 2022

10.2. FECHA DE APROBACIÓN: 31 de Octubre de 2022

10.3. FIRMAS DE APROBACIÓN:

Página 10 de 11



F) _____

DIRECTOR/A Y/O ENCARGADO/A DE GESTIÓN ACADÉMICA DE LA CARRERA

11.3 Anexo 3. Guía de práctica de laboratorio N1.

Práctica 1

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Asignatura: Circuitos Eléctricos

Estudiantes:

Número de estudiantes por grupo: Máximo 4 personas

Docente: Ing. José Cuenca.

Responsable: Ing. José Espinosa.

▷ **Tema:**

Leyes de tensión y corriente de Kirchhoff utilizando el Pocket Lab ADALM1000.

▷ **Objetivos:**

- Verificar teóricamente las Leyes de voltaje y corriente de Kirchhoff.
- Simular el circuito utilizando LTspice.
- Realizar mediciones experimentales con el Pocket Lab ADALM1000.
- Evaluar el margen de error entre los valores teóricos, simulados y experimentales.

▷ **Materiales y reactivos:**

- Cables de conexión.
- Papel y lápiz para realizar los cálculos.
- Resistencias.

▷ **Equipos y herramientas:**

- Pocket Lab ADALM1000.
- Computadora con software instalado: Alice, LTspice y Matlab (Versión estudiante).
- Calculadora.
- Protoboard.
- Cables de conexión.
- Multímetro.

▷ **Introducción:**

En esta práctica, analizaremos un circuito eléctrico simple utilizando tres enfoques:

- Cálculos teóricos basados en las Leyes de Kirchhoff.
- Simulación con LTspice.
- Mediciones experimentales utilizando el Pocket Lab ADALM1000.

El propósito de esta práctica es aplicar los principios fundamentales de las Leyes de Kirchhoff, desarrollar habilidades prácticas en la construcción y análisis del circuito, realizar un análisis mediante cálculos teóricos, simulación y verificación experimental. Finalmente, se evaluará el margen de error entre los resultados obtenidos a través de la simulación en LTspice y la experimentación con el Pocket Lab ADALM1000.

▷ **Actividades a desarrollar:**

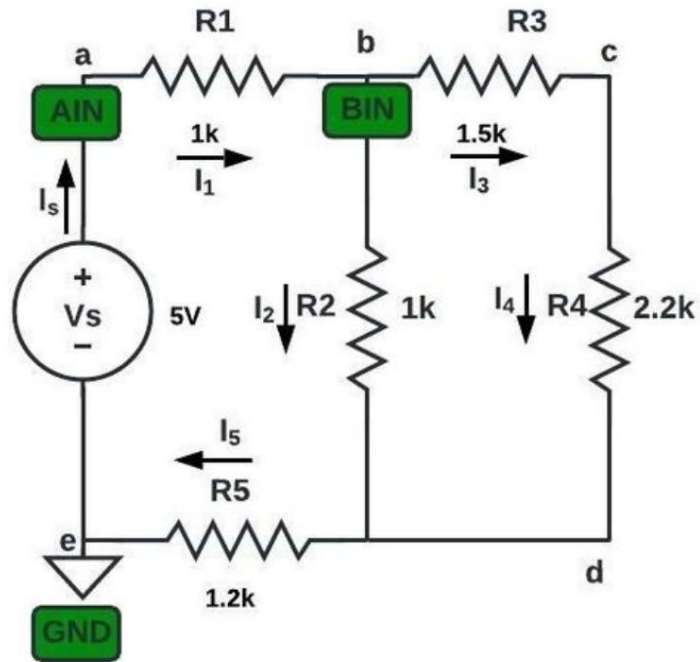
1. Esquema del circuito:

El esquema mostrado en la **Figura 1** se utiliza como base para el análisis y la verificación de las Leyes de Kirchhoff. En este diagrama, los nodos principales están etiquetados con letras, y las diferencias de voltaje entre estos nodos representan el voltaje a través de cada resistencia. El esquema también incluye las medidas de las resistencias ideales empleadas en el análisis.

Figura 1. *Esquema del circuito con medidas de resistencias ideales.*

```
%Cargar Figura1
imshow("figura1.jpg");
% Agregar título a la figura
title("Figura 1. Esquema del circuito.");
```

Figura 1. Esquema del circuito.



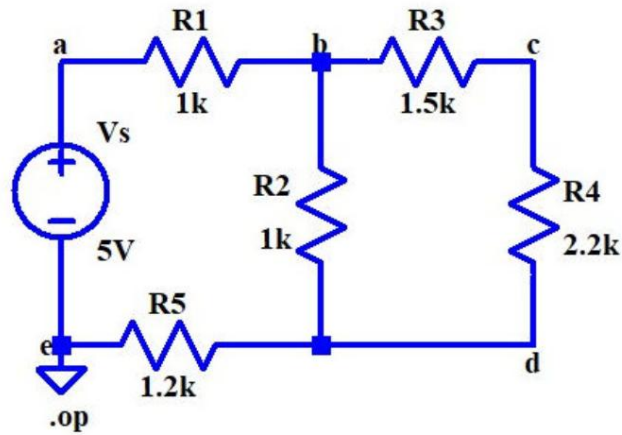
2. Esquema del circuito en LTspice:

La **Figura 2** muestra la implementación del circuito propuesto en el software LTspice. El diagrama incluye las resistencias ideales utilizadas en cada componente.

Figura 2. Implementación del Circuito en LTspice.

```
%Cargar Figura2
imshow("figura2.jpg");
% Agregar título a la figura
title("Figura 2. Implementación del Circuito en LTspice.");
```

Figura 2. Implementación del Circuito en LTspice.



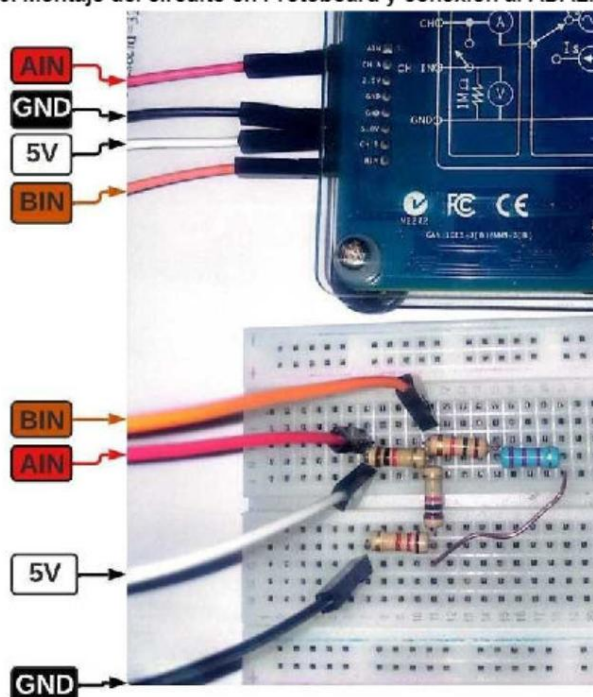
3. Esquema del circuito en Protoboard y conexión al ADALM1000:

En la Figura 3 se muestra el montaje físico del circuito en un Protoboard, las resistencias se conectan de acuerdo al esquema original. El Pocket Lab ADALM1000 se utiliza para medir las tensiones en cada resistencia, utilizando los canales AIN y BIN.

Figura 3. Montaje del circuito en Protoboard y conexión al ADALM1000.

```
%Cargar Figura3  
imshow("figura3.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title("Figura 3. Montaje del circuito en Protoboard y conexión al ADALM1000.");
```

Figura 3. Montaje del circuito en Protoboard y conexión al ADALM1000.



4. Mediciones de resistencias en ADALM1000:

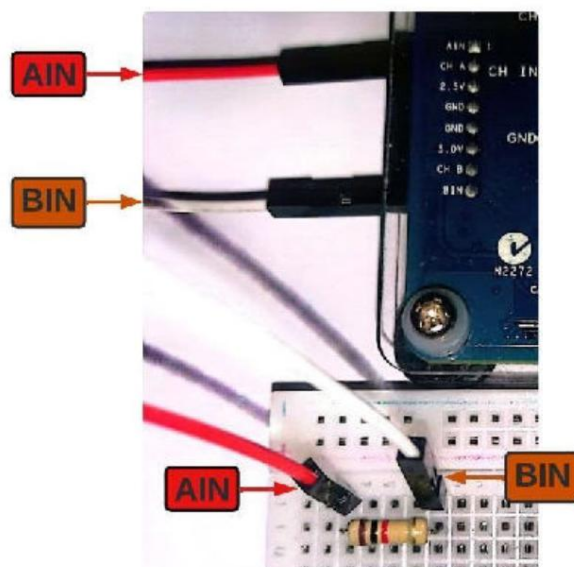
Para garantizar un análisis preciso, se realizó la medición de cada resistencia utilizando el Alice M1K Ohm Meter.

La **Figura 4** ilustra cómo se debe conectar el Protoboard al ADALM1000 para llevar a cabo las mediciones de manera correcta. Este diagrama sirve como referencia para establecer una conexión adecuada durante el proceso de medición.

Figura 4. Conexión del Protoboard al ADALM1000 para mediciones.

```
%Cargar Figura4
imshow("figura4.jpg");
% Agregar título a la figura
title("Figura 4. Conexión del Protoboard al ADALM1000 para mediciones.")
```


Figura 4. Conexión del Protoboard al ADALM1000 para mediciones.

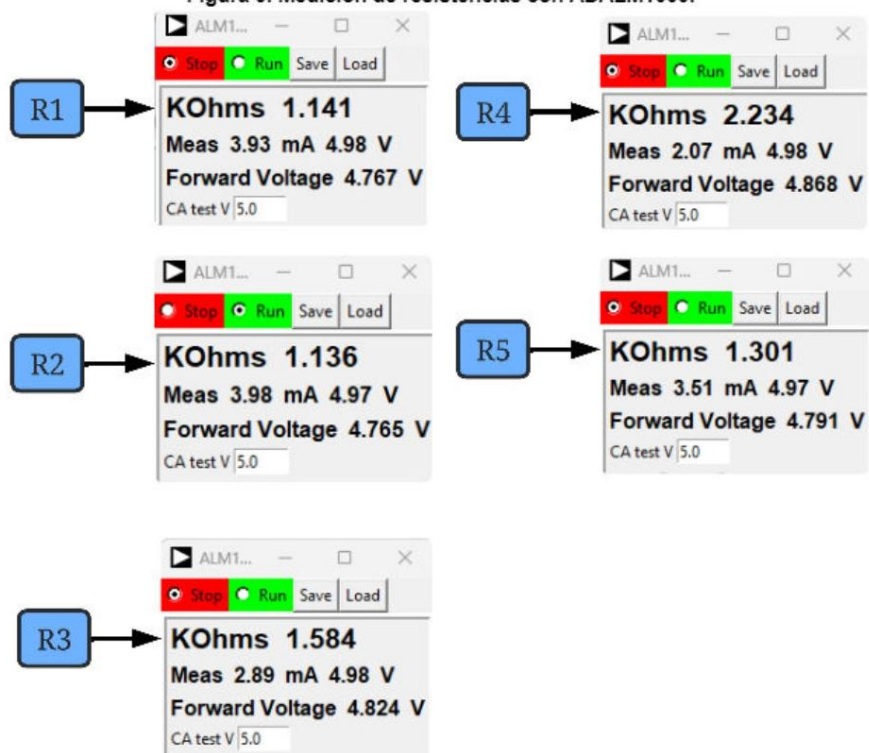


La **Figura 5** muestra las lecturas obtenidas para cada resistencia con el Alice M1K Ohm Meter. Estos datos serán fundamentales para llevar a cabo los cálculos teóricos, realizar simulaciones en LTspice y realizar las mediciones experimentales con el ADALM1000.

Figura 5. *Medición de resistencias con ADALM1000.*

```
%Cargar Figura5  
imshow("figura5.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title("Figura 5. Medición de resistencias con ADALM1000.")
```

Figura 5. Medición de resistencias con ADALM1000.



- R1 = 1.141k Ω
- R2 = 1.136k Ω
- R3 = 1.584k Ω
- R4 = 2.234k Ω
- R5 = 1.301k Ω

5. Análisis teórico del circuito:

En esta sección se llevará a cabo el análisis teórico del circuito aplicando las Leyes de Kirchhoff para determinar las corrientes y tensiones en los nodos y componentes. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Datos conocidos:

Se utilizan los siguientes valores para las resistencias y la fuente de voltaje en el análisis:

```
R1 = 1.141E3; % Ohm  
R2 = 1.136E3; % Ohm  
R3 = 1.584E3; % Ohm
```

R4 = 2.234E3; % Ohm
R5 = 1.301E3; % Ohm
Vs = 5; % Voltios

2. Determinación de ecuaciones por ley de Kirchhoff:

A continuación, se presentan las ecuaciones derivadas de aplicar las Leyes de Kirchhoff a las mallas y nodos del circuito:

Ley de Voltajes de Kirchhoff (en cada malla):

La Ley de Voltajes de Kirchhoff establece que la suma algebraica de todas las tensiones en un lazo cerrado debe ser igual a cero.

Ecuación 1: $-V_s + V_1 + V_2 + V_5 = 0$

Ecuación 2: $-V_2 + V_3 + V_4 = 0$

Ley de corrientes de Kirchhoff (en cada nodo):

La Ley de Corrientes de Kirchhoff establece que la suma algebraica de las corrientes en un nodo debe ser igual a cero.

Ecuación 3: $-I_s + I_1 = 0$

Ecuación 4: $-I_1 + I_2 + I_3 = 0$

Ecuación 5: $-I_3 + I_4 = 0$

Ecuación 6: $-I_2 - I_4 + I_5 = 0$

3. Reducción de ecuaciones usando ley de Ohm:

Ecuación 1 (Malla1):

Para el análisis de la primera malla, se emplea la Ley de Ohm para sustituir las caídas de voltaje:

Ecuación original: $-V_s + V_1 + V_2 + V_5 = 0$

Voltajes sustituidos:

- $V_1 = I_1 * R_1$
- $V_2 = I_2 * R_2$
- $V_5 = I_1 * R_5$
- $V_s = 5 \text{ V}$

Sustituyendo estos valores en la ecuación original:

$$-5 + I_1 * R_1 + I_2 * R_2 + I_1 * R_5 = 0$$

Simplificando la ecuación:

$$(R_1 + R_5) * I_1 + R_2 * I_2 = 5$$

Ecuación 7: $2.442E3 * I_1 + 1.136E3 * I_2 = 5$

Ecuación 2 (Malla2):

Para la segunda malla, aplicamos la Ley de Ohm para sustituir las caídas de voltaje:

Ecuación original: $-V_2 + V_3 + V_4 = 0$

Voltajes sustituidos:

- $V_2 = I_2 * R_2$
- $V_3 = I_3 * R_3$
- $V_4 = I_3 * R_4$

Sustituyendo estos valores en la ecuación original:

$-I_2 * R_2 + I_3 * R_3 + I_3 * R_4 = 0$

Simplificando la ecuación:

$-R_2 * I_2 + (R_3 + R_4) * I_3 = 0$

Ecuación 8: $-1.136E3 * I_2 + 3.818E3 * I_3 = 0$

4. Cálculo de corrientes usando matrices:

Para resolver el sistema de ecuaciones lineales y obtener las corrientes en el circuito, utilizamos el método de matrices. A continuación se presentan las ecuaciones y el código correspondiente:

Ecuaciones del sistema:

- **Ecuación 7:** $2.442E3 * I_1 + 1.136E3 * I_2 = 5$
- **Ecuación 8:** $-1.136E3 * I_2 + 3.818E3 * I_3 = 0$
- **Ecuación 4:** $-I_1 + I_2 + I_3 = 0$

```
% Definición de las matrices de coeficientes y constantes
A = [2.442E3, 1.136E3, 0;
     0, -1.136E3, 3.818E3;
     -1, 1, 1];
B = [5; 0; 0];
% Resolución del sistema de ecuaciones
I = A \ B;
I1 = I(1); % Corriente I1 en A
I2 = I(2); % Corriente I2 en A
I3 = I(3); % Corriente I3 en A
% Cálculo de corriente I4 e I5
I4 = I3; % Según la Ecuación 5
I5 = I2 + I4; % Según la Ecuación 6: I5 = I2 + I4
% Mostrar resultados
fprintf('I1 = %.4f mA\n', I1 * 1000);
```

I1 = 1.5072 mA

```
fprintf('I2 = %.4f mA\n', I2 * 1000);
```

I2 = 1.1616 mA

```
fprintf('I3 = %.4f mA\n', I3 * 1000);
```

```
I3 = 0.3456 mA
```

```
fprintf('I4 = %.4f mA\n', I4 * 1000);
```

```
I4 = 0.3456 mA
```

```
fprintf('I5 = %.4f mA\n', I5 * 1000);
```

```
I5 = 1.5072 mA
```

5. Cálculo de los Voltajes usando Ley de Ohm:

Para determinar los voltajes en cada resistencia del circuito, aplicamos la Ley de Ohm utilizando las corrientes calculadas previamente:

```
% Cálculo de voltajes por Ley de Ohm  
V1 = I1 * R1; % Voltaje en R1  
V2 = I2 * R2; % Voltaje en R2  
V3 = I3 * R3; % Voltaje en R3  
V4 = I3 * R4; % Voltaje en R4  
V5 = I1 * R5; % Voltaje en R5  
% Mostrar resultados  
fprintf('V1 = %.4f V\n', V1);
```

```
V1 = 1.7197 V
```

```
fprintf('V2 = %.4f V\n', V2);
```

```
V2 = 1.3195 V
```

```
fprintf('V3 = %.4f V\n', V3);
```

```
V3 = 0.5474 V
```

```
fprintf('V4 = %.4f V\n', V4);
```

```
V4 = 0.7721 V
```

```
fprintf('V5 = %.4f V\n', V5);
```

```
V5 = 1.9608 V
```

6. Análisis del Circuito en LTspice

En esta sección se presentan los resultados obtenidos mediante la simulación del circuito utilizando el software LTspice. La **Figura 6** muestra el esquema del circuito con las resistencias reales, y la **Figura 7** ilustra los resultados de la simulación.

Figura 6. Esquema del circuito con resistencias reales en LTspice.

```
%Cargar Figura6  
imshow("figura6.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title("Figura 6. Esquema del circuito con resistencias reales en LTspice.")
```

Figura 6. Esquema del circuito con resistencias reales en LTspice.

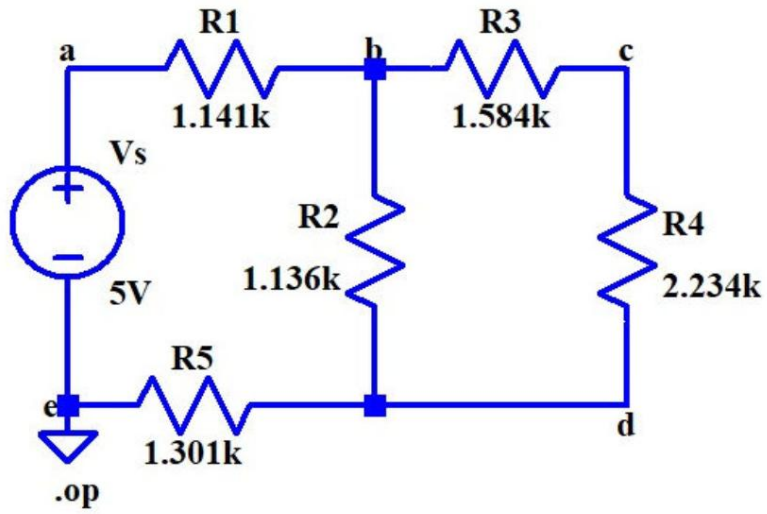


Figura 7. Resultados de simulación en LTspice.

```
%Cargar Figura7  
imshow("figura7.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title("Figura 7. Resultados de simulación en LTspice.")
```

Figura 7. Resultados de simulación en LTspice.

```
* C:\Users\USUARIO\Documents\LTspice\Draft8.asc

--- Operating Point ---

V (b) :          3.28033          voltage
V (a) :          5              voltage
V (b) :          1.96081          voltage
V (c) :          2.73289          voltage
I (R1) :         -0.00150716      device_current
I (R2) :         -0.00116155      device_current
I (R5) :          0.000345606      device_current
I (R4) :          0.000345606      device_current
I (Vs) :         -0.00150716      device_current
```

A partir de los resultados de la simulación se determina los voltajes y corrientes en las resistencias:

Voltajes simulados:

- El voltaje a través de R1 es $V(R1) = V(a) - V(b) = 1.71967V$
- El voltaje a través de R2 es $V(R2) = V(b) - V(d) = 1.31952V$
- El voltaje a través de R3 es $V(R3) = V(b) - V(c) = 0.54744V$
- El voltaje a través de R4 es $V(R4) = V(c) - V(d) = 0.77208V$
- El voltaje a través de R5 es $V(R5) = V(d) - 0V = 1.96081V$

Corrientes simuladas:

- La corriente a través de R1 es $I(R1) = 1.50716\text{ mA}$
- La corriente a través de R2 es $I(R2) = 1.16155\text{ mA}$
- La corriente a través de R3 es $I(R3) = 0.345606\text{ mA}$
- La corriente a través de R4 es $I(R4) = 0.345606\text{ mA}$
- La corriente a través de R1 es $I(R5) = I(Vs) = 1.50716\text{ mA}$

Simulación de voltajes en LTspice:

```
%Voltaje simulado LTspice
VS1 = 1.71967;%Voltaje simulado de R1
VS2 = 1.31952;%Voltaje simulado de R2
```

```
VS3 = 0.54744;%Voltaje simulado de R3
VS4 = 0.77208;%Voltaje simulado de R4
VS5 = 1.96081;%Voltaje simulado de R5
```

Simulación de corrientes en LTspice:

```
%Corriente simulada
IS1 = 1.50716E-3;%Corriente simulada de R1
IS2 = 1.16155E-3;%Corriente simulada de R2
IS3 = 0.345606E-3;%Corriente simulada de R3
IS4 = 0.345606E-3;%Corriente simulada de R4
IS5 = 1.50716E-3;%Corriente simulada de R5
```

Resultados de voltaje y corriente:

```
% Mostrar los resultados
fprintf('Voltajes y Corrientes de LTspice:\n');
```

Voltajes y Corrientes de LTspice:

```
fprintf('V(R1) = %.4f V, I(R1) = %.4f mA\n', VS1, IS1 * 1000);
```

V(R1) = 1.7197 V, I(R1) = 1.5072 mA

```
fprintf('V(R2) = %.4f V, I(R2) = %.4f mA\n', VS2, IS2 * 1000);
```

V(R2) = 1.3195 V, I(R2) = 1.1615 mA

```
fprintf('V(R3) = %.4f V, I(R3) = %.4f mA\n', VS3, IS3 * 1000);
```

V(R3) = 0.5474 V, I(R3) = 0.3456 mA

```
fprintf('V(R4) = %.4f V, I(R4) = %.4f mA\n', VS4, IS4 * 1000);
```

V(R4) = 0.7721 V, I(R4) = 0.3456 mA

```
fprintf('V(R5) = %.4f V, I(R5) = %.4f mA\n', VS5, IS5 * 1000);
```

V(R5) = 1.9608 V, I(R5) = 1.5072 mA

Análisis comparativo entre los cálculos y simulación:

En esta sección, se realiza un análisis comparativo entre los resultados obtenidos mediante cálculos teóricos y los valores simulados en LTspice. Para esto, se han registrado los datos de voltaje y corriente obtenidos en ambos métodos y se han organizado en una tabla que se encuentra en el archivo **tabla1.xlsx**.

```
% Cargar datos de un archivo Excel
data = readtable('tabla1.xlsx');
data
```

data = 5x4 table

	VoltageCalculado	CorrienteCalculado	VoltageSimulado	CorrienteSimulado
1	'V(R1) = 1.7197 V'	'I(R1) = 1.5072 mA'	'V(R1) = 1.71967V'	'I(R1) = 1.50716 mA'
2	'V(R2) = 1.3195 V'	'I(R2) = 1.1616 mA'	'V(R2) = 1.31952V'	'I(R2) = 1.16155 mA'

	VoltageCalculado	CorrienteCalculado	VoltageSimulado	CorrienteSimulado
3	'V(R3) = 0.5474 V'	'I(R3) = 0.3456 mA'	'V(R3) = 0.54744V'	'I(R3) = 0.345606 mA'
4	'V(R4) = 0.7721 V'	'I(R4) = 0.3456 mA'	'V(R4) = 0.77208V'	'I(R4) = 0.345606 mA'
5	'V(R5) = 1.9608 V'	'I(R5) = 1.5072 mA'	'V(R5) = 1.96081V'	'I(R5) = 1.50716 mA'

Los resultados entre voltaje y corriente simulados y calculados tienen relación entre unos a otros. Esta coherencia entre los datos confirma la precisión de los métodos empleados para el análisis del circuito.

7. Análisis del circuito en ADALM1000:

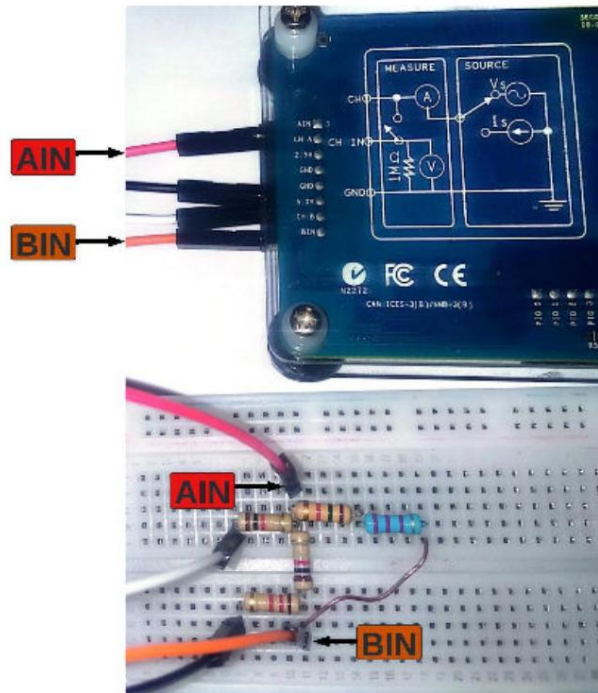
En esta sección, se detalla el procedimiento y los resultados obtenidos al medir voltajes y corrientes en el circuito mediante el dispositivo ADALM1000. Este análisis permite contrastar los resultados teóricos y simulados con mediciones experimentales.

1. Medición de voltaje y corriente con ADALM1000:

En la figura 8 se muestra el circuito armado en un Protoboard y conectado al ADALM1000, con indicaciones de los canales de medición AIN y BIN para medir las corrientes necesarias.

```
%Cargar Figura8
imshow("figura8.jpg");
% Agregar título a la figura
title("Figura 8. Medición de corrientes con ADALM1000.")
```

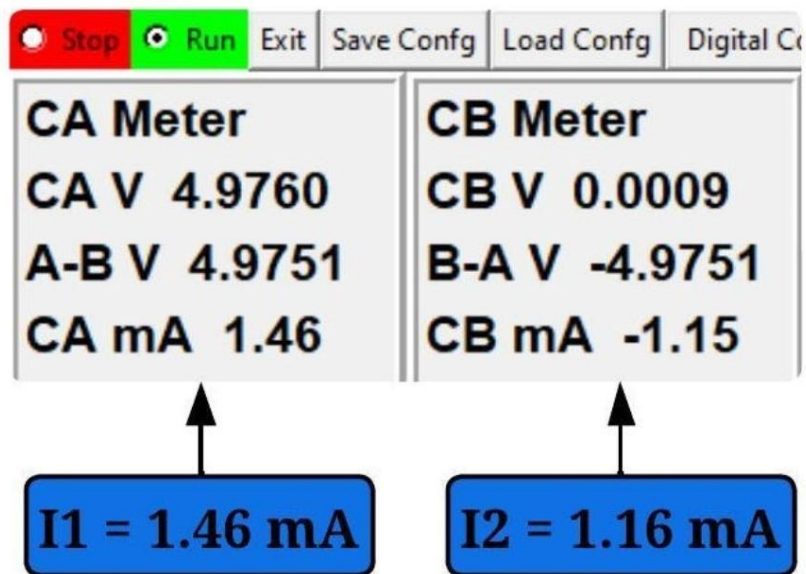
Figura 8. Medición de corrientes con ADALM1000.



En la Figura 9 se muestra la medición realizada en Alice M1k Meter Source para determinar la corriente I_1 e I_2 .

```
%Cargar Figura9  
imshow("figura9.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title("Figura 9. Corrientes  $I_1$  e  $I_2$  con ADALM1000.")
```

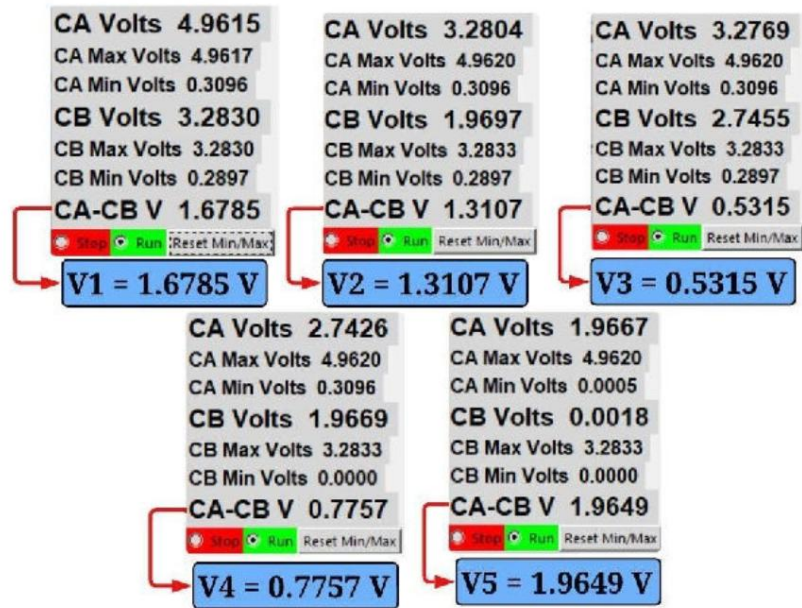
Figura 9. Corrientes I1 e I2 con ADALM1000.



En la Figura 10 se muestran los resultados de los voltajes medidos por Alice M1k Volt Meter.

```
%Cargar Figura10  
imshow("figura10.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title("Figura 10. Resultados de voltajes medidos con ADALM1000.")
```

Figura 10. Resultados de voltajes medidos con ADALM1000.



2. Cálculo de corrientes faltantes por ley de Ohm:

En esta sección, se calculan las corrientes faltantes en el circuito utilizando la Ley de Ohm, a partir de los datos medidos por el ADALM1000, presentados en las Figuras 9 y 10.

Cálculo de Voltajes con ADALM1000:

Los resultados medidos en la Figura 10 se transcriben en el siguiente código de Live Scribd para calcular las corrientes faltantes mediante la Ley de Ohm:

```
%Cálculo de Voltajes con ADALM1000
V_1 = 1.6758;% Voltaje en R1 en Voltios
V_2 = 1.3107;% Voltaje en R2 en Voltios
V_3 = 0.5315;% Voltaje en R3 en Voltios
V_4 = 0.7757;% Voltaje en R4 en Voltios
V_5 = 1.9649;% Voltaje en R5 en Voltios
```

Cálculo de Corrientes con ADALM1000:

```
%Cálculo de Corrientes con ADALM1000
```

```

I_1 = 1.46E-3;% Corriente en R1 en mA
I_2 = 1.16E-3;% Corriente en R2 en mA
% Aplicar Ley de Ohm para calcular las corrientes
I_3 = V_3 / R3; % Corriente a través de R3
I_4 = V_4 / R4; % Corriente a través de R4
I_5 = V_5 / R5; % Corriente a través de R5

```

Mostrar los resultados de voltajes y corrientes:

```

%Mostrar los resultados
fprintf('Voltajes y Corrientes:\n');

```

Voltajes y Corrientes:

```
fprintf('V1 = %.4f V, I1 = %.4f mA\n', V_1, I_1 * 1000);
```

V1 = 1.6758 V, I1 = 1.4600 mA

```
fprintf('V2 = %.4f V, I2 = %.4f mA\n', V_2, I_2 * 1000);
```

V2 = 1.3107 V, I2 = 1.1600 mA

```
fprintf('V3 = %.4f V, I3 = %.4f mA\n', V_3, I_3 * 1000);
```

V3 = 0.5315 V, I3 = 0.3355 mA

```
fprintf('V4 = %.4f V, I4 = %.4f mA\n', V_4, I_4 * 1000);
```

V4 = 0.7757 V, I4 = 0.3472 mA

```
fprintf('V5 = %.4f V, I5 = %.4f mA\n', V_5, I_5 * 1000);
```

V5 = 1.9649 V, I5 = 1.5103 mA

3. Tabla comparativa entre simulación y medición:

En esta sección, se presenta una tabla comparativa que muestra los resultados obtenidos de las simulaciones y las mediciones experimentales. Los datos comparados incluyen los voltajes y corrientes calculados en la simulación y medidos con el ADALM1000.

```

% Cargar datos de un archivo Excel
data = readtable('tabla2.xlsx');
data

```

data = 5x4 table

	VoltageSimulado	CorrienteSimulado	VoltageMedido	CorrienteMedida
1	'V(R1) = 1.71967V'	'I(R1) = 1.50716 mA'	'V(R1) = 1.6758V'	'I(R1) = 1.46 mA'
2	'V(R2) = 1.31952V'	'I(R2) = 1.16155 mA'	'V(R2) = 1.3107V'	'I(R2) = 1.16 mA'
3	'V(R3) = 0.54744V'	'I(R3) = 0.345606 mA'	'V(R3) = 0.5315V'	'I(R3) = 0.3355 mA'
4	'V(R4) = 0.77208V'	'I(R4) = 0.345606 mA'	'V(R4) = 0.7757V'	'I(R4) = 0.3472 mA'
5	'V(R5) = 1.96081V'	'I(R5) = 1.50716 mA'	'V(R5) = 1.9649V'	'I(R5) = 1.5103 mA'

4. Análisis de prueba error:

En esta sección, se calcula el error porcentual entre los valores obtenidos a partir de la simulación y los valores medidos experimentalmente con el ADALM1000. El error porcentual se utiliza para evaluar la precisión de la simulación en comparación con las mediciones reales.

La Fórmula para calcular el porcentaje de error es la siguiente:

$$E = \left(\frac{\text{Valor experimental} - \text{Valor medido}}{\text{Valor medido}} \right) \times 100$$

Calcular el error porcentual de voltaje:

```
% Calcular el error porcentual de voltaje
EV1 = ((V_1 - VS1) / VS1) * 100; % Error de voltaje R1
EV2 = ((V_2 - VS2) / VS2) * 100; % Error de voltaje R2
EV3 = ((V_3 - VS3) / VS3) * 100; % Error de voltaje R3
EV4 = ((V_4 - VS4) / VS4) * 100; % Error de voltaje R4
EV5 = ((V_5 - VS5) / VS5) * 100; % Error de voltaje R5
```

Calcular el error porcentual de corriente:

```
% Calcular el error porcentual de corriente
EI1 = ((I_1 - IS1) / IS1) * 100; % Error de corriente R1
EI2 = ((I_2 - IS2) / IS2) * 100; % Error de corriente R2
EI3 = ((I_3 - IS3) / IS3) * 100; % Error de corriente R3
EI4 = ((I_4 - IS4) / IS4) * 100; % Error de corriente R4
EI5 = ((I_5 - IS5) / IS5) * 100; % Error de corriente R5
```

Mostrar los errores porcentuales:

```
% Mostrar los errores porcentuales
fprintf('Errores de voltaje y corriente:\n');

Errores de voltaje y corriente:

fprintf('E(V1) = %.2f%%, E(I1) = %.2f%%\n', EV1, EI1);

E(V1) = -2.55%, E(I1) = -3.13%

fprintf('E(V2) = %.2f%%, E(I2) = %.2f%%\n', EV2, EI2);

E(V2) = -0.67%, E(I2) = -0.13%

fprintf('E(V3) = %.2f%%, E(I3) = %.2f%%\n', EV3, EI3);

E(V3) = -2.91%, E(I3) = -2.91%

fprintf('E(V4) = %.2f%%, E(I4) = %.2f%%\n', EV4, EI4);

E(V4) = 0.47%, E(I4) = 0.47%

fprintf('E(V5) = %.2f%%, E(I5) = %.2f%%\n', EV5, EI5);
```

$$E(V5) = 0.21\%, E(I5) = 0.21\%$$

5. Análisis de Errores porcentuales:

Características Principales

- **Rango de errores en voltaje:** -2.91% a +0.47%
- **Rango de errores en corriente:** -3.13% a +0.47%
- **Desviación máxima:** 3.13% (en corriente)

Precisión del Sistema

- Los errores se mantienen en un rango aceptable, no superando el $\pm 3.13\%$
- El 80% de las mediciones presenta errores menores al $\pm 1\%$

Correlación V-I

- Se observa una fuerte correlación entre los errores de voltaje y corriente
- Tres de los cinco pares de medición muestran errores idénticos
- Los pares no idénticos mantienen una diferencia máxima de 0.58%

Tendencias

- Existe una tendencia hacia la subestimación en las primeras mediciones
- Las últimas mediciones muestran una ligera sobreestimación
- La precisión mejora en las mediciones finales

6. Marco Teórico (A elaborar por el estudiante)

1. Explica la Ley de Voltaje de Kirchhoff (KVL). ¿Cómo se aplica esta ley a un circuito en serie?

La Ley de Voltaje de Kirchhoff establece que la suma algebraica de todos los voltajes alrededor de cualquier camino cerrado en un circuito es cero. Los estudiantes deberán explicar cómo esta ley se utiliza para analizar voltajes en un circuito en serie.

2. Describe la Ley de Corriente de Kirchhoff (KCL). ¿Cómo se aplica esta ley a un nodo en un circuito paralelo?

La Ley de Corriente de Kirchhoff establece que la suma algebraica de todas las corrientes que entran y salen de un nodo es cero. Los estudiantes deben detallar cómo se aplica esta ley en nodos de circuitos paralelos.

3. ¿Qué es el análisis de malla y cómo se usa para resolver circuitos eléctricos? Proporciona un ejemplo simple.

El análisis de malla es un método para encontrar las corrientes en los lazos independientes de un circuito. Los estudiantes deberán describir el proceso y proporcionar un ejemplo con un circuito básico.

4. Define el análisis nodal y explica su importancia en el estudio de circuitos eléctricos.

El análisis nodal es un método utilizado para determinar los voltajes en los nodos de un circuito. Los estudiantes deben explicar la metodología y su relevancia en el análisis de circuitos.

5. Discute la importancia de las mediciones precisas en experimentos de circuitos eléctricos. ¿Qué factores pueden influir en la precisión de las mediciones?

Los estudiantes deben abordar la necesidad de mediciones exactas y los posibles factores que pueden afectar la precisión, como la resistencia del equipo de medición, la temperatura y las conexiones del circuito.

6. Describe el proceso de armar un circuito en un Protoboard. ¿Cuáles son las consideraciones principales al realizar esta tarea?

Los estudiantes deben explicar los pasos para armar un circuito en un Protoboard y las consideraciones importantes como la correcta colocación de los componentes y la verificación de las conexiones.

7. Explica cómo conectar un circuito armado en un Protoboard a una PC mediante USB y qué software se puede utilizar para medir voltajes y corrientes.

Los estudiantes deben detallar el proceso de conexión a la PC y mencionar el uso de software como Alice Desktop y el ADALM1000 para realizar las mediciones.

8. Realiza un análisis comparativo entre los valores teóricos y los valores medidos en un circuito. ¿Qué diferencias podrías esperar y por qué?

Los estudiantes deben explicar cómo comparar los valores teóricos con los medidos y discutir posibles diferencias debido a factores como las tolerancias de los componentes y errores de medición.

8. Resultados Obtenidos (A elaborar por el estudiante)

9. Discusión (A elaborar por el estudiante)

10. Conclusiones (A elaborar por el estudiante)

11. Recomendaciones (A elaborar por el estudiante)

12. Preguntas de control

13. Bibliografía

- Analog Devices, & Mercer, D. (2021, November 3). *Actividad: Leyes de voltaje y corriente de Kirchhoff, para ADALM1000*. Wiki de Analog Devices. <https://wiki.analog.com/university/courses/alm1k/circuits1/alm-cir-1>.

11.4 Anexo 4. Guía de práctica de laboratorio N2.

Práctica 2

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Asignatura: Circuitos Eléctricos

Fecha trabajo:

Fecha entrega:

Estudiantes:

Número de estudiantes por grupo: Máximo 4 personas

Docente: Ing. José Cuenca.

Responsable: Ing. José Espinosa.

▷ **Tema:**

Análisis del factor de Potencia en Circuitos RC.

▷ **Objetivos:**

- Construcción del Circuito RC.
- Configuración inicial del osciloscopio.
- Calcular potencias real, reactiva y aparente.
- Determinar del Factor de Potencia y el ángulo de fase.

▷ **Materiales y reactivos:**

- Una resistencia de 100 Ω .
- Un capacitor de 10 μF .
- Placa de pruebas sin soldadura.
- Cables puente.

▷ **Equipos y herramientas:**

- Módulo de hardware ADALM1000.
- Multímetro.
- Computador con el software de ADALM1000 instalado.

▷ **Introducción:**

El **Osciloscopio ADALM1000 de Alice** permite exportar los datos registrados de los **canales A y B**, obteniendo información sobre **voltaje, corriente y tiempo**. Estos datos pueden ser importados en **MATLAB** para su procesamiento y visualización, permitiendo generar las gráficas deseadas según el análisis requerido.

Esta práctica se centra en el análisis del **factor de potencia** en circuitos **RC (Resistencia-Capacitor)** en corriente alterna, donde el capacitor introduce un comportamiento reactivo que afecta la relación entre voltaje y corriente.

Siguiendo la configuración del fabricante, se registrarán parámetros iniciales como **Voltaje RMS, Corriente RMS, Voltaje de la resistencia y Voltaje del capacitor**, con los cuales se determinarán las **potencias real, reactiva y aparente** del **triángulo de potencia**. A partir de estos valores, se calcularán el **factor de potencia** y el **ángulo de desfase**.

Si el **factor de potencia** es igual o superior a **0.7**, no será necesario un análisis de mejora.

▷ Preparatorio y marco teórico:

Voltaje RMS

Es el valor cuadrático medio del voltaje. Representa el valor efectivo del voltaje en una señal alterna (AC). Para una señal sinusoidal, se define por la ecuación:

$$V_{\text{rms}} = \frac{V}{\sqrt{2}}$$

Corriente RMS

Es el valor cuadrático medio de la corriente. Al igual que el voltaje RMS, representa el valor efectivo de la corriente en una señal alterna (AC). Para una señal sinusoidal, se define por la ecuación:

$$I_{\text{rms}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

Reactancia Capacitiva

La reactancia capacitiva (X_c) de un capacitor es inversamente proporcional tanto a la capacitancia C como a la frecuencia angular ($\omega = 2\pi f$); cuanto mayor sea la capacitancia y la frecuencia, menor será la reactancia capacitiva X_c . Se define por la ecuación:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

Donde:

- f es la frecuencia de la señal en hertzios (Hz),
- C es la capacitancia del capacitor en faradios (F).

Potencia Real

La Potencia Real (P) es la cantidad de energía que se consume en un circuito para realizar trabajo. En un circuito RC, esta potencia se utiliza para calentar la resistencia y realizar trabajo útil. Se mide en vatios (W) y se calcula como el producto del voltaje RMS y la corriente RMS:

$$P = V_{\text{rms}} * I_{\text{rms}}$$

Potencia Reactiva

La Potencia Reactiva (Q) es la cantidad de energía que circula entre el generador y los componentes reactivos del circuito, como los capacitores e inductores, sin realizar trabajo útil. En un circuito RC, esta potencia está asociada con la reactancia capacitiva del capacitor, y se mide en voltamperios reactivos (VAR).

Para un circuito RC, la potencia reactiva se calcula utilizando la fórmula:

$$Q = \frac{V_c^2}{X_C}$$

Donde:

- V_c es el voltaje RMS a través del capacitor.
- X_C es la reactancia capacitiva del capacitor, que se define como $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$.

Potencia Aparente

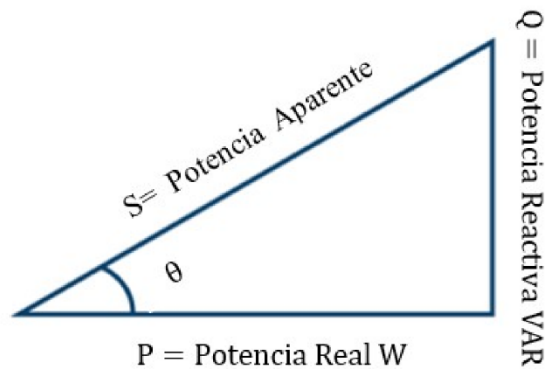
La Potencia Aparente (S) es una medida combinada del voltaje y la corriente en un circuito de corriente alterna (CA, AC) que no tiene en cuenta la diferencia de fase entre ellos. Se representa en voltamperios (VA) y se calcula como el producto del voltaje RMS y la corriente RMS:

La potencia aparente es una combinación de la potencia real (P) y la potencia reactiva (Q), y se puede visualizar en un triángulo de potencia. En este triángulo:

En el triángulo de potencia, la relación entre la potencia aparente, la potencia real y la potencia reactiva está dada por el teorema de Pitágoras:

```
% Cargar Triangulo de potencia
imshow("Triangulo.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Triangulo de Potencia');
```

Triangulo de Potencia



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Donde:

- **Potencia Real (P)** se encuentra en el eje horizontal.
- **Potencia Reactiva (Q)** se encuentra en el eje vertical.
- **Potencia Aparente (S)** forma la hipotenusa del triángulo.

▷ Actividades previas

Instrucciones para el circuito RC:

Construya el circuito RC que se muestra en la Figura 1 en su placa de pruebas sin soldadura con los valores de los componentes $R = 100 \Omega$ y $C = 10 \text{ uf}$. Se requieren tres conexiones al ALM1000, como se muestra en la Figura 2.

Figura 1. Esquema del circuito de carga de CA RC.

```
% Cargar Figura1
imshow("Figura1.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 1. Esquema del circuito de carga de CA RC');
```

Figura 1. Esquema del circuito de carga de CA RC

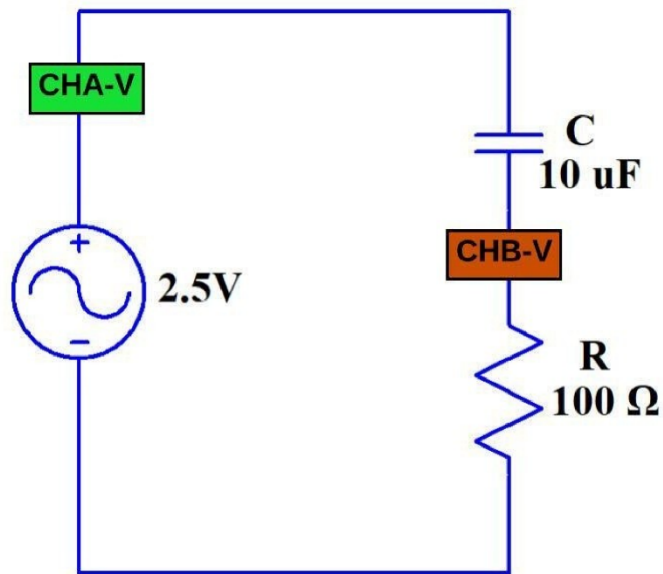
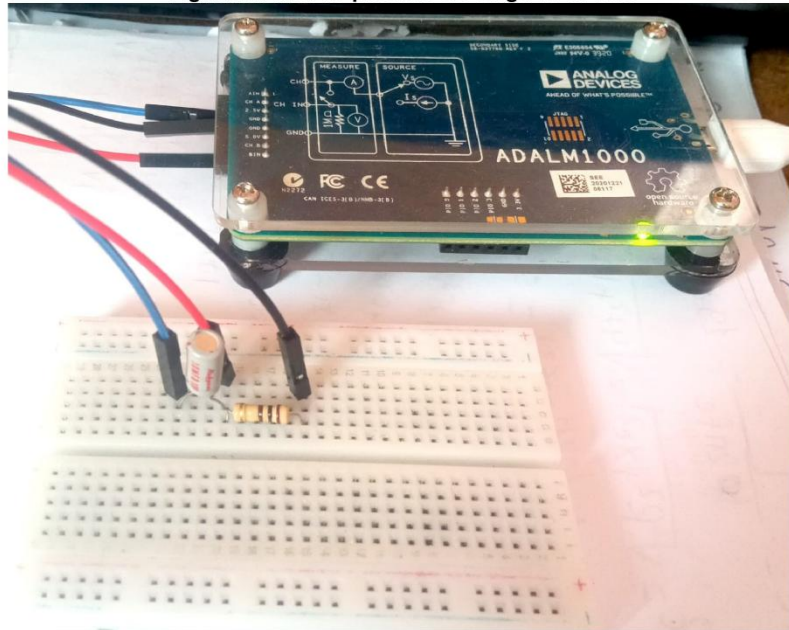


Figura 2. Placa de pruebas de carga de CA RC.

```
% Cargar Figura2  
imshow("Figura2.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title('Figura 2.Placa de pruebas de carga de CA RC');
```

Figura 2. Placa de pruebas de carga de CA RC



Procedimiento:

1. Configuración inicial del osciloscopio:

En la interfaz principal del osciloscopio, realice los siguientes ajustes:

- Ingrese 2.5 para la compensación de CA-V y CB-V. Esta configuración es crucial para aplicar señales de CA (\pm voltaje) a través de la carga, tomando como referencia el riel común de 2.5 V.

Figura 3. Configuración de la compensación en el osciloscopio.

```
% Cargar Figura3
imshow("Figura3.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 3. Compensación en el osciloscopio');
```

Figura 3. Compensación en el osciloscopio

CA-V	1.0	2.5	← Establecer CA-V Y CB-V a 2.5
CB-V	1.0	2.5	
CA-I	1.0	0.0	
CB-I	1.0	0.0	

- Establezca los ajustes de posición vertical de CH-A y CH-B en 0. Esto centrará las escalas verticales en 0, abarcando de -2.5 a +2.5.
- Configure la escala vertical de CA-I en 5 mA/Div.

Figura 4. Escala vertical en el osciloscopio.

```
% Cargar Figura4
imshow("Figura4.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 4. Escala vertical en el osciloscopio.');
```

Figura 4. Escala vertical en el osciloscopio.



2. Configuración del generador de señales (AWG):

Ajuste el generador de señales con los siguientes parámetros:

- AWG del canal A: Valor mínimo 1.08 V, valor máximo 3.92 V. Esto aplicará una onda sinusoidal de 2.84 Vpp, 1 Vrms centrada en 2.5V como voltaje de entrada al circuito.
- Frecuencia: 250 Hz
- Fase: 90°
- En el menú desplegable Modo AWG A, seleccione el modo SVMI.
- En el menú desplegable Forma AWG A, elija Sinusoidal.
- Para el Modo AWG B, seleccione el modo Hi-Z (alta impedancia).

Figura 5. Configuración del generador de señales AWG.

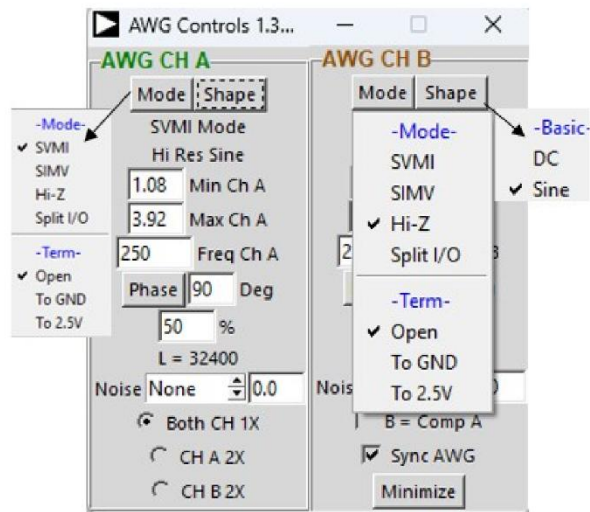
```
% Cargar Figura5
imshow("Figura5.jpg");
```

```

% Agregar título a la figura
title('Figura 5. Configuración del generador de señales AWG');

```

Figura 5. Configuración del generador de señales AWG



3. Configuración de la visualización y mediciones

- En el menú desplegable Curvas ALICE, seleccione CA-V, CA-I y CB-V para visualización.

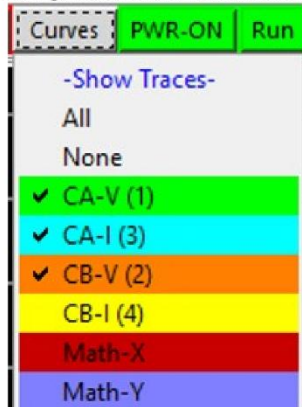
Figura 6. Configuración de la visualización de curvas.

```

% Cargar Figura6
imshow("Figura6.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 6. Configuración de la visualización de curvas');

```


Figura 6. Configuración de la visualización de curvas

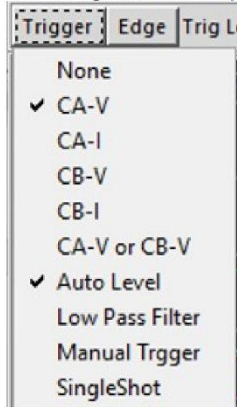


- En el menú desplegable Disparador, elija CA-V y Nivel automático.

Figura 7. Configuración de disipador.

```
% Cargar Figura7  
imshow("Figura7.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title('Figura 7. Configuración de disipador');
```

Figura 7. Configuración de disipador

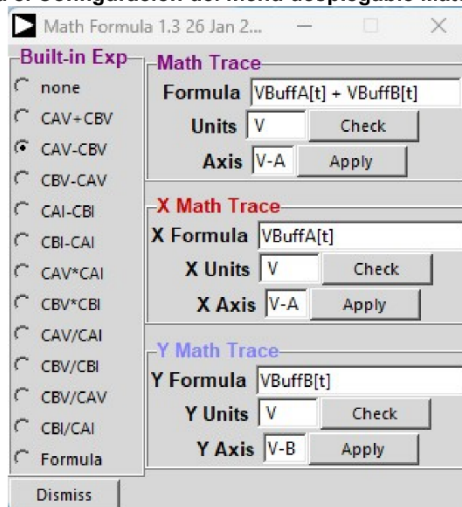


- Para observar el voltaje a través del capacitor, seleccione CAV – CBV en el menú desplegable Matemática.
- Asegúrese de marcar el selector Sync AWG.

Figura 8. Configuración del menú desplegable Matemática.

```
% Cargar Figura8  
imshow("Figura8.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title('Figura 8. Configuración del menú desplegable Matemática');
```

Figura 8. Configuración del menú desplegable Matemática



4. Configure las mediciones RMS:

- En la sección -CA-V- del menú desplegable Meas CA, seleccione RMS y CA-CB RMS.
- En la sección -CA-I-, seleccione RMS.

Figura 9. Configuración de desplegable Meas CA.

```
% Cargar Figura9
imshow("Figura9.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 9. Configuración de desplegable Meas CA');
```

Figura 9. Configuración de desplegable Meas CA

CA	CB	Matr
-CA-V-		
Avg		
Min		
Max		
Base		
Top		
Mid		
P-P		
<input checked="" type="checkbox"/> RMS		
CA-CB		
<input checked="" type="checkbox"/> CA-CB RMS		
User		
-CA-I-		
Avg		
Min		
Max		
Mid		
P-P		
<input checked="" type="checkbox"/> RMS		

- En la sección -CB-V- del menú desplegable Meas CB, seleccione RMS.
- Opcionalmente, puede mostrar los valores máximos (o pico positivo) para CA-V, CA-I y CB-V.

Figura 10. Configuración de desplegable Meas CB.

```
% Cargar Figura10
imshow("Figura10.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 10. Configuración de desplegable Meas CB');
```

Figura 10. Configuración de desplegable Meas CB



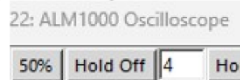
5. Visualización y ajustes finales:

- Inicie la medición haciendo clic en el botón Ejecutar.
- Ajuste la base de tiempo hasta visualizar más de dos ciclos de la onda sinusoidal en la cuadrícula de visualización.
- Establezca Hold Off en 4.0 ms.

Figura 11. Configuración de Hold off.

```
% Cargar Figura11  
imshow("Figura11.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title('Figura 11. Configuración de Hold off');
```

Figura 11. Configuración de Hold off



En la pantalla del osciloscopio, deberá observar cuatro trazas distintas:

1. Voltaje del canal A
2. Voltaje del canal B
3. Corriente del canal A
4. Traza matemática del voltaje CA-CB

Figura 12. Configuración de la escala vertical.

```
% Cargar Figura12
imshow("Figura12.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 12. Configuración de la escala vertical');
```



6. Actividades a desarrollar:

Registro de datos:

Para completar el análisis, registre los siguientes valores RMS:

1. Voltaje a través del circuito RC total (CHA V RMS).
2. Corriente a través de R1, que también es la corriente en el canal A en este circuito en serie (CHA I RMS).
3. Voltaje a través del resistor (CHB V RMS).
4. Voltaje a través del capacitor (AB RMS).

Con base en estos valores, se procede a calcular la potencia real (P), la potencia reactiva (Q) y la potencia aparente (S)

Determinar:

a) Potencia Real (P)

b) Potencia Reactiva (Q)

c) Potencia Aparente (S)

d) Factor de potencia (fp)

e) Ángulo de desfase (θ):

g) ¿Cómo se compara esto con el valor que obtuvo de P, Q y S y el triángulo de potencia? ¿El factor de potencia está retrasado o adelantado y por qué?

Resolución:

CHA Vrms: Voltaje a través del circuito RC total.

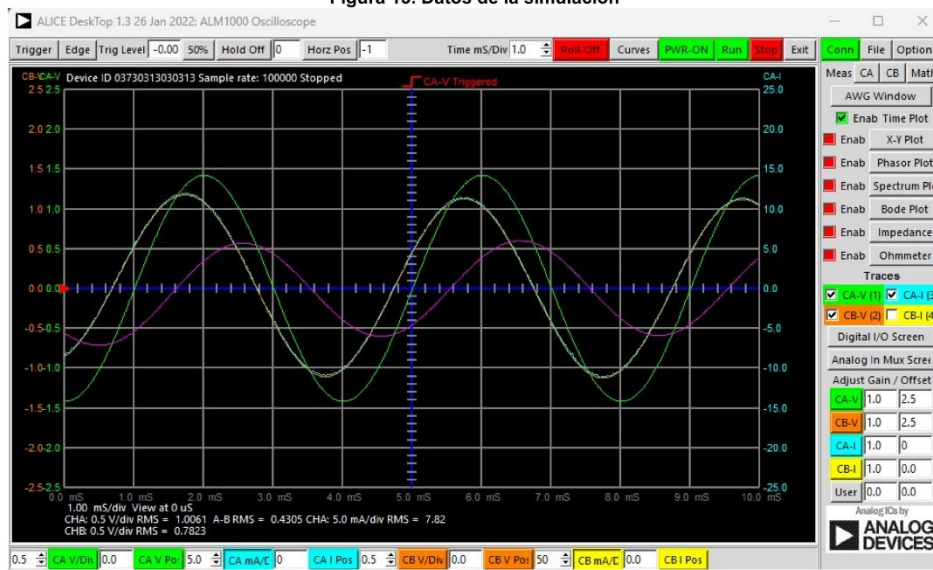
CHA Irms: Corriente en el canal A.

CHB VR: Voltaje a través del resistor.

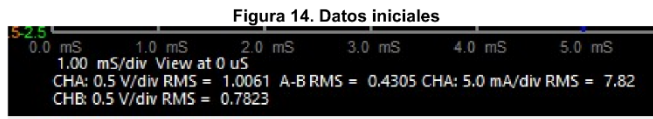
AB RMS Vc: Voltaje a través del capacitor

```
% Cargar Figura 13
imshow("Figura13.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 13. Datos de la simulación');
```

Figura 13. Datos de la simulación



```
% Cargar Figura 14
imshow("Figura14.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 14. Datos iniciales');
```



De la Figura13 y Figura 14 registramos los siguientes datos:

Datos conocidos y obtenidos del osciloscopio:

V_{rms} =1.0061 V

I_{RMS} = 7.82 mA (0.00792 A)

V_R = 0.7823 V

V_C= 0.4305 V.

f = 250HZ

R = 100 Ω

C = $10\mu f = 1 * 10^{-4} f$

Calculando:

```
% Datos conocidos
Vrms = 1.0061; % Voltios
IRMS = 7.82e-3; % Amperios
VR = 0.7823; % Voltios
VC = 0.4305; % Voltios
f = 250; % Hertzios
R = 100; % Ohmios
C = 1e-4; % Faradios
```

a) Potencia Real (P):

```
% Cálculo de la Potencia Real
P = VR * IRMS; % Potencia Real en vatios
P_mW = P * 1e3; % Convertir a miliwatios
fprintf('a) Potencia Real:\n');
```

a) Potencia Real:

```
fprintf('P = %.2f mW\n', P_mW);
```

P = 6.12 mW

b) Potencia Reactiva (Q):


```
% Cálculo de la Potencia Reactiva
Q = VC * IRMS; % Potencia Reactiva en voltamperios reactivos
Q_mVAR = Q * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios reactivos
fprintf('b) Potencia Reactiva:\n');
```

b) Potencia Reactiva:

```
fprintf('Q = %.2f mVAR\n', Q_mVAR);
```

Q = 3.37 mVAR

c) Potencia Aparente (S):

```
% Cálculo de la Potencia Aparente usando el triángulo de potencia
S = sqrt(P^2 + Q^2); % Potencia Aparente en voltamperios
S_mVA = S * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios
fprintf('c) Potencia Aparente:\n');
```

c) Potencia Aparente:

```
fprintf('S = %.2f mVA\n', S_mVA);
```

S = 6.98 mVA

d) Factor de Potencia (fp):

```
% Cálculo del factor de potencia (fp)
fp = P / S; % Factor de potencia
fprintf('d) Factor de potencia (fp):\n');
```

d) Factor de potencia (fp):

```
fprintf('fp = %.4f\n', fp);
```

fp = 0.8761

e) Ángulo de Desfase (θ):

```
% Cálculo del ángulo de desfase ( $\theta$ )
theta = acos(fp) * (180 / pi); % Ángulo de desfase en grados
fprintf('e) Ángulo de desfase:\n');
```

e) Ángulo de desfase:

```
fprintf('θ = %.2f°\n', theta);
```

$\theta = 28.82^\circ$

Datos calculados:

1. Potencia Activa (P): 6.12 mW

2. Potencia Reactiva (Q): 3.37 mVAR
3. Potencia Aparente (S): 6.98 mVA
4. Factor de potencia (fp): 0.8761
5. Ángulo de desfase (θ): 28.82°

Respuesta a la pregunta:

¿Cómo se compara esto con el valor que obtuve de P, Q y S y el triángulo de potencia? ¿El factor de potencia está retrasado o adelantado y por qué?

Comparando estos valores con el triángulo de potencia:

- La potencia reactiva Q es positiva, lo que indica una carga capacitiva.
- El factor de potencia es menor a 1, lo que significa que el circuito no está operando a factor de potencia unitario.
- El ángulo de desfase de 28.82° confirma que el factor de potencia es de tipo retrasado, es decir, la corriente se encuentra retrasada con respecto al voltaje.

7. Representación gráfica de las variables extraídas del Pocket Lab ADALM1000:

En esta sección, se procederá a representar las variables obtenidas con el Pocket Lab ADALM1000. El primer paso es importar los datos extraídos, que se encuentran en un archivo con extensión .csv. Posteriormente, estos datos se deben convertir y guardar en un archivo con extensión .mat para su uso en análisis y visualización.

```
% Cargar el archivo .mat
load('C:\Users\USUARIO\Documents\Adalm1000\Livescript\Practica 2 circuito
RC\DatoscircuitoRC.mat'); %Colocar el directorio donde se hallan los archivos

% Extraer las variables directamente desde la estructura
Tiempo = DatoscircuitoRC.Tiempo*1000; %Tiempo convertido en milisegundos (ms)
CAV = DatoscircuitoRC.CAV;
CBV = DatoscircuitoRC.CBV;
CAI = DatoscircuitoRC.CAI / 10;% Convertir corriente en miliamperios (mA)
CBI = DatoscircuitoRC.CBI;
```

1. Graficar voltaje CAV vs Tiempo:

```
clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAV
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5);
```

```

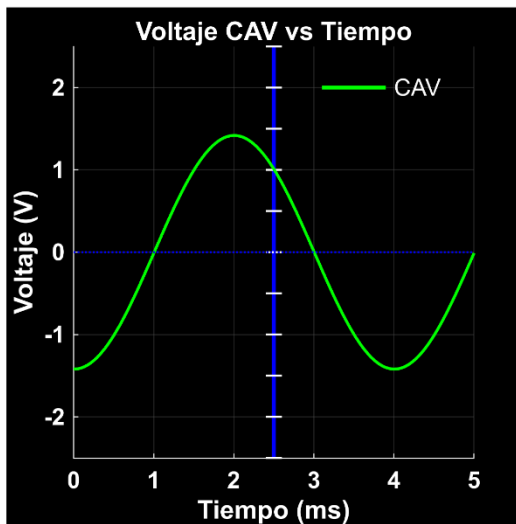
% Configurar el gráfico
title('Voltaje CAV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2);

hold off;

```



2. Graficar corriente CAI vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAI
plot(Tiempo, CAI, 'c', 'LineWidth', 1.5);

```

```

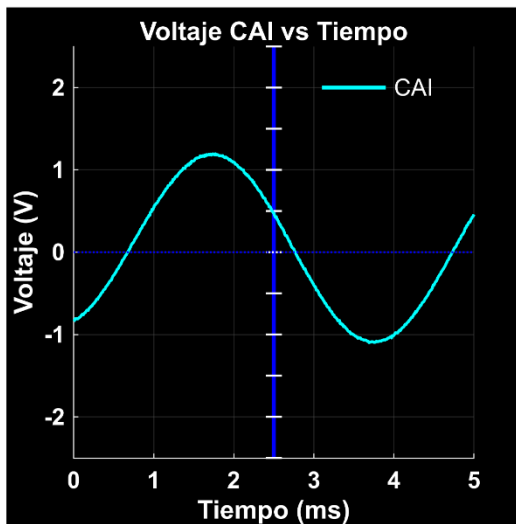
% Configurar el gráfico
title('Voltaje CAI vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b-', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2);

hold off;

```



3. Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar las señales CAV y CAI
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo, CAI, 'c', 'LineWidth', 1.5); % Línea cian para CAI

```

```

% Configurar el gráfico
title('Voltaje CAV y CAI vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

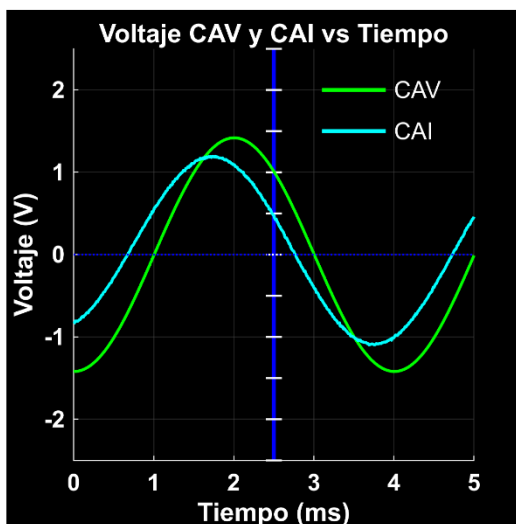
% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);

% Leyenda manual
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde para CAV
text(4.0, 1.5, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [1.5, 1.5], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2); % Línea cian para CAI

hold off;

```



4. Graficar voltaje CBV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)

```

```

plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CBV
plot(Tiempo, CBV, 'm', 'LineWidth', 1.5);

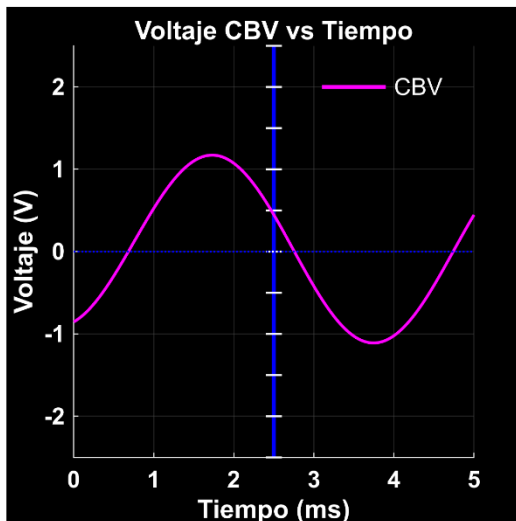
% Configurar el gráfico
title('Voltaje CBV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2);

hold off;

```



5. Graficar de voltajes CAV y CBV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)

```

```

plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar las señales CAV y CBV
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo, CBV, 'm', 'LineWidth', 1.5); % Línea magenta para CBV

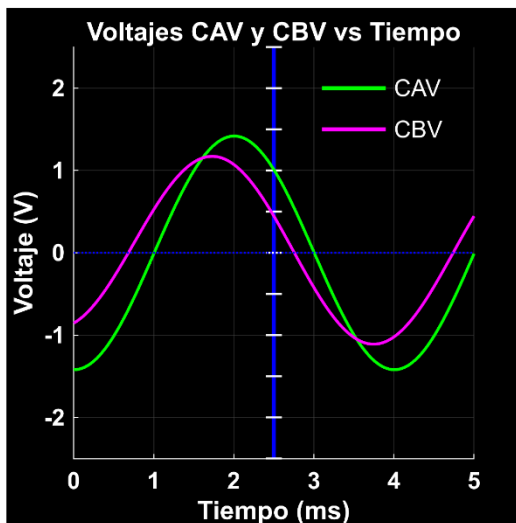
% Configurar el gráfico
title('Voltajes CAV y CBV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde para CAV
text(4.0, 1.5, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [1.5, 1.5], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2); % Línea magenta para CBV

hold off;

```



8. Marco Teórico (A elaborar por el estudiante)

1. ¿Cuáles son los parámetros necesarios que se debe registrar del Osciloscopio ADALM1000 para determinar el factor de potencia en un circuito RC?

Los parámetros necesarios son: Voltaje RMS, Corriente RMS, Voltaje en la resistencia y Voltaje en el capacitor. Estos valores permiten calcular las potencias y posteriormente el factor de potencia.

2. ¿Por qué es importante el factor de potencia mayor a 0.7?

Un factor de potencia mayor a 0.7 indica una eficiencia aceptable en el aprovechamiento de la energía eléctrica, evitando pérdidas significativas y costos adicionales en el sistema. Por debajo de este valor, se requiere corrección para mejorar la eficiencia del circuito.

3. ¿Cuáles son las potencias que componen el triángulo de potencias y por qué son importante determinarlas?

El triángulo de potencias está compuesto por:

- **Potencia Real (P):** Representa el trabajo útil realizado
- **Potencia Reactiva (Q):** Representa la energía almacenada en el capacitor
- **Potencia Aparente (S):** Representa la potencia total suministrada

Son importantes porque permiten cuantificar la eficiencia del circuito y determinar el factor de potencia.

4. ¿Qué importancia tiene el ángulo de desfase en circuitos RC?

El ángulo de desfase indica la diferencia temporal entre voltaje y corriente causada por el capacitor. Su valor determina directamente el factor de potencia mediante la relación $\cos(\theta)$ y permite evaluar el comportamiento capacitivo del circuito.

5. ¿Cuál es la importancia de importar datos de voltaje y corriente a través de Script de Matlab?

La importación de datos a Matlab permite:

- Visualizar gráficamente el comportamiento de las señales
- Calcular el factor de potencia mediante un método alternativo
- Validar los resultados obtenidos del osciloscopio
- Realizar un análisis más preciso de las formas de onda

8. Resultados Obtenidos (A elaborar por el estudiante)

9. Discusión (A elaborar por el estudiante)

10. Conclusiones (A elaborar por el estudiante)

11. Recomendaciones (A elaborar por el estudiante)

12. Preguntas de control

13. Bibliografía

- Analog Devices, Mercer, D., & Mi Claus, A. (2018, September). *Tema de capacitación 9 de ADALM1000 SMU: Potencia y factor de potencia en circuitos de CA [ADALM1000 SMU Training Topic 9: Power*

and Power Factor in AC Circuits]. Wiki de Analog Devices. <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/studentzone/studentzone-september-2018.html>.

- Zemansky, M. W. (2009). Física universitaria con física moderna (12.^a ed., Vol. 2, p. 1063). Pearson Educación.
- https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/631200/4_t4s1_c5_pdf_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/631186/9_t3s2_c5_html_context_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

5. ¿Cuál es la importancia de importar datos de voltaje y corriente a través de Script de Matlab?

La importación de datos a Matlab permite:

- Visualizar gráficamente el comportamiento de las señales
- Calcular el factor de potencia mediante un método alternativo
- Validar los resultados obtenidos del osciloscopio
- Realizar un análisis más preciso de las formas de onda

8. Resultados Obtenidos (A elaborar por el estudiante)

9. Discusión (A elaborar por el estudiante)

10. Conclusiones (A elaborar por el estudiante)

11. Recomendaciones (A elaborar por el estudiante)

12. Preguntas de control

13. Bibliografía

- Analog Devices, Mercer, D., & Miclaus, A. (2018, September). *Tema de capacitación 9 de ADALM1000 SMU: Potencia y factor de potencia en circuitos de CA [ADALM1000 SMU Training Topic 9: Power and Power Factor in AC Circuits]*. Wiki de Analog Devices. <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/studentzone/studentzone-september-2018.html>.
- Zemansky, M. W. (2009). *Física universitaria con física moderna* (12.ª ed., Vol. 2, p. 1063). Pearson Educación.
- https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/631200/4_t4s1_c5_pdf_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/631186/9_t3s2_c5_html_context_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

11.5 Anexo 5. Guía de práctica de laboratorio N3

Práctica 3

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Asignatura: Circuitos Eléctricos

Fecha trabajo:

Fecha entrega:

Estudiantes:

Número de estudiantes por grupo: Máximo 4 personas

Docente: Ing. José Cuenca.

Responsable: Ing. José Espinosa.

▷ **Tema:**

Corrección del factor de Potencia en Circuitos RL.

▷ **Objetivos:**

- Medir la resistencia CC del inductor.
- Construir el circuito RL.
- Configuración inicial del osciloscopio.
- Calcular potencias real, reactiva y aparente.
- Determinar del Factor de Potencia y el ángulo de fase.
- Mejorar el factor de potencia.

▷ **Materiales y reactivos:**

- Una resistencia de 47Ω .
- 4 inductores de 10 mH.
- Placa de pruebas sin soldadura.
- Cables puente.

▷ **Equipos y herramientas:**

- Módulo de hardware ADALM1000.
- Multímetro.
- Computador con el software de ADALM1000 instalado.

▷ **Introducción:**

La presente práctica se centra en el análisis del factor de potencia en circuitos RL (Resistencia-Inductor) en corriente alterna, donde el inductor introduce un comportamiento reactivo que afecta la relación entre voltaje y corriente. Inicialmente, mediante la herramienta Alice Ohm Meter del Pocket Lab ADALM1000, se determinará

la resistencia interna de cada inductancia, la cual consiste en cuatro inductores de 10mH conectados en serie, implementados debido a que no se logró conseguir en el mercado una inductancia de 47mH especificada por el fabricante. Utilizando el Osciloscopio Alice del Pocket Lab ADALM1000 y la configuración del fabricante, se registrarán parámetros iniciales como Voltaje RMS, Corriente RMS, Voltaje en la resistencia y Voltaje en el inductor, para determinar las potencias real, reactiva y aparente del triángulo de potencia. Con estos valores se calculará el factor de potencia y el ángulo de desfase. En caso de que el factor de potencia sea inferior al valor aceptable de 0.7, se realizará un proceso de corrección mediante la selección e implementación de un capacitor adecuado, con el objetivo de mejorar el factor de potencia del circuito.

▷ **Preparatorio y marco teórico:**

Voltaje RMS

Es el valor cuadrático medio del voltaje. Representa el valor efectivo del voltaje en una señal alterna (AC). Para una señal sinusoidal, se define por la ecuación:

$$V_{\text{rms}} = \frac{V}{\sqrt{2}}$$

Corriente RMS

Es el valor cuadrático medio de la corriente. Al igual que el voltaje RMS, representa el valor efectivo de la corriente en una señal alterna (AC). Para una señal sinusoidal, se define por la ecuación:

$$I_{\text{rms}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

Reactancia Capacitiva

La reactancia capacitiva (X_c) de un capacitor es inversamente proporcional tanto a la capacitancia C como a la frecuencia angular ($\omega = 2\pi f$); cuanto mayor sea la capacitancia y la frecuencia, menor será la reactancia capacitiva X_c . Se define por la ecuación:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

Donde:

- f es la frecuencia de la señal en hertzios (Hz),
- C es la capacitancia del capacitor en faradios (F).

Potencia Real

La Potencia Real (P) es la cantidad de energía que se consume en un circuito para realizar trabajo. En un circuito RC, esta potencia se utiliza para calentar la resistencia y realizar trabajo útil. Se mide en vatios (W) y se calcula como el producto del voltaje RMS y la corriente RMS:

$$P = V_{\text{rms}} * I_{\text{rms}}$$

Potencia Reactiva

La Potencia Reactiva (Q) es la cantidad de energía que circula entre el generador y los componentes reactivos del circuito, como los capacitores e inductores, sin realizar trabajo útil. En un circuito RC, esta potencia está asociada con la reactancia capacitiva del capacitor, y se mide en voltamperios reactivos (VAR).

Para un circuito RC, la potencia reactiva se calcula utilizando la fórmula:

$$Q = \frac{V_c^2}{X_C}$$

Donde:

- V_c es el voltaje RMS a través del capacitor.
- X_C es la reactancia capacitiva del capacitor, que se define como $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$.

Potencia Aparente

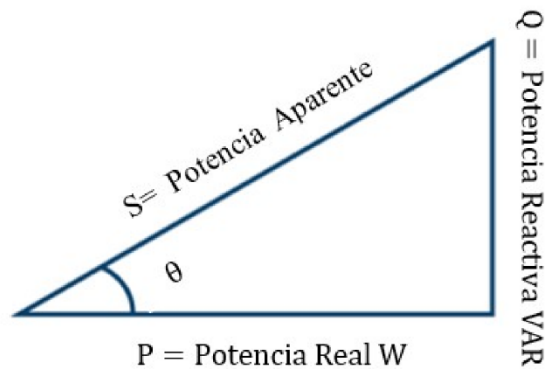
La Potencia Aparente (S) es una medida combinada del voltaje y la corriente en un circuito de corriente alterna (CA, AC) que no tiene en cuenta la diferencia de fase entre ellos. Se representa en voltamperios (VA) y se calcula como el producto del voltaje RMS y la corriente RMS:

La potencia aparente es una combinación de la potencia real (P) y la potencia reactiva (Q), y se puede visualizar en un triángulo de potencia. En este triángulo:

En el triángulo de potencia, la relación entre la potencia aparente, la potencia real y la potencia reactiva está dada por el teorema de Pitágoras:

```
% Cargar Triangulo de potencia
imshow("Triangulo.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Triangulo de Potencia');
```

Triangulo de Potencia



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Donde:

- **Potencia Real (P)** se encuentra en el eje horizontal.
- **Potencia Reactiva (Q)** se encuentra en el eje vertical.
- **Potencia Aparente (S)** forma la hipotenusa del triángulo.

▷ Actividades previas

Instrucciones para el circuito RL:

Construya el circuito RC que se muestra en la Figura 1 en su placa de pruebas sin soldadura con los valores de los componentes $R1 = 47 \Omega$ y $L 1 = 40 \text{ mH}$. Se requieren tres conexiones al ALM1000, como se muestra en la Figura 2. Como no se logró conseguir en el mercado la inductancia de 40mH se conectaron en serie 4 inductancias de 10mH como se ve en la Figura 2.

Figura 1. Esquema del circuito de carga de CA RL.

```
% Cargar Figura1
imshow("Figura1.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 1. Esquema del circuito de carga de CA RL');
```

Figura 1. Esquema del circuito de carga de CA RL

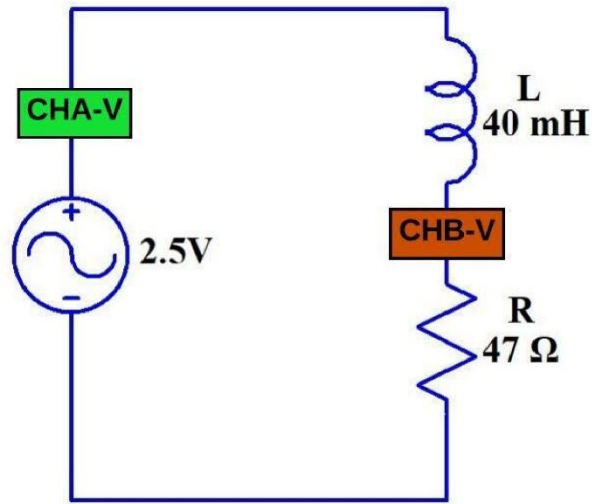
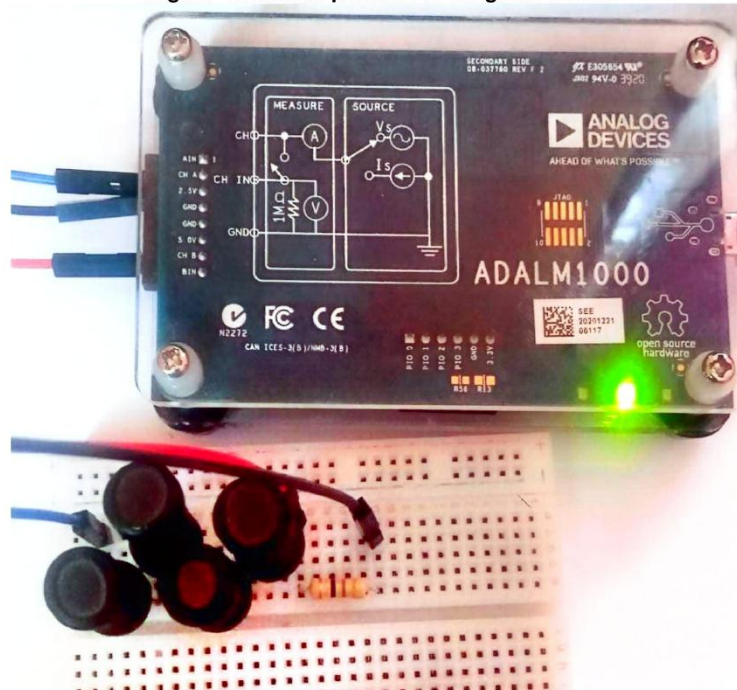


Figura 2. Placa de pruebas de carga de CA RL.

```
% Cargar Figura 2
imshow("Figura 2.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 2.Placa de pruebas de carga de CA RL');
```

Figura 2. Placa de pruebas de carga de CA RL



Procedimiento:

1. Configuración inicial del osciloscopio:

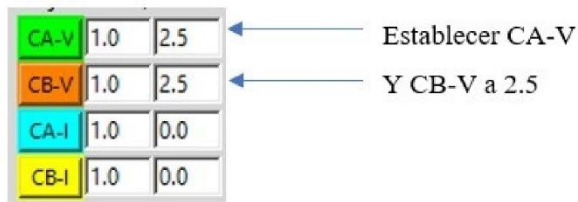
En la interfaz principal del osciloscopio, realice los siguientes ajustes:

- Ingrese 2.5 para la compensación de CA-V y CB-V. Esta configuración es crucial para aplicar señales de CA (\pm voltaje) a través de la carga, tomando como referencia el riel común de 2.5 V.

Figura 3. Configuración de la compensación en el osciloscopio.

```
% Cargar Figura3
imshow("Figura3.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 3. Compensación en el osciloscopio');
```


Figura 3. Compensación en el osciloscopio



- Establezca los ajustes de posición vertical de CH-A y CH-B en 0. Esto centrará las escalas verticales en 0, abarcando de -2.5 a +2.5.
- Configure la escala vertical de CA-I en 5 mA/Div.

Figura 4. Escala vertical en el osciloscopio.

```
% Cargar Figura4  
imshow("Figura4.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title('Figura 4. Escala vertical en el osciloscopio.');
```



2. Configuración del generador de señales (AWG):

Ajuste el generador de señales con los siguientes parámetros:

- AWG del canal A: Valor mínimo 1.08 V, valor máximo 3.92 V. Esto aplicará una onda sinusoidal de 2.84 Vpp, 1 Vrms centrada en 2.5V como voltaje de entrada al circuito.
- Frecuencia: 250 Hz
- Fase: 90°
- En el menú desplegable Modo AWG A, seleccione el modo SVMI.
- En el menú desplegable Forma AWG A, elija Sinusoidal.
- Para el Modo AWG B, seleccione el modo Hi-Z (alta impedancia).

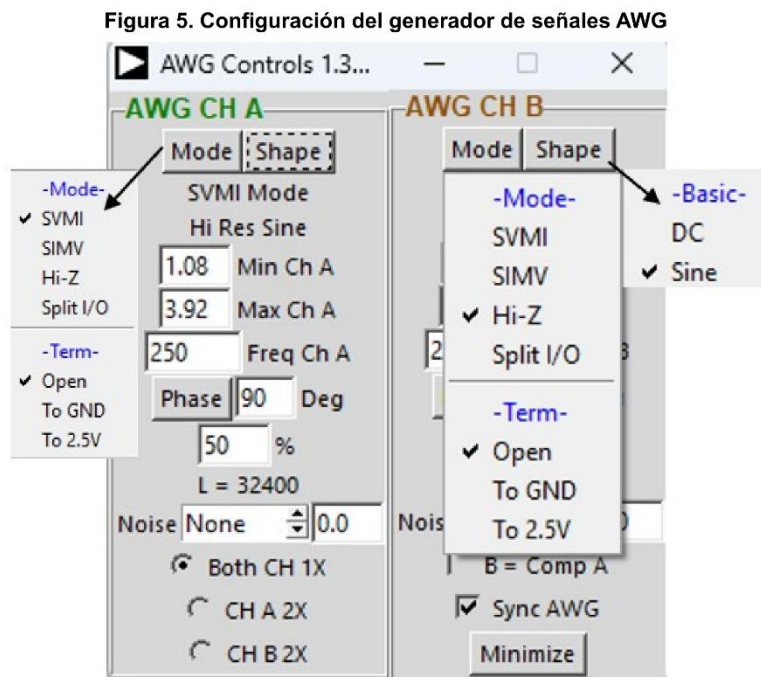
Figura 5. Configuración del generador de señales AWG.

```
% Cargar Figura5
```

```

imshow("Figura5.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 5. Configuración del generador de señales AWG');

```



3. Configuración de la visualización y mediciones

- En el menú desplegable Curvas ALICE, seleccione CA-V, CA-I y CB-V para visualización.

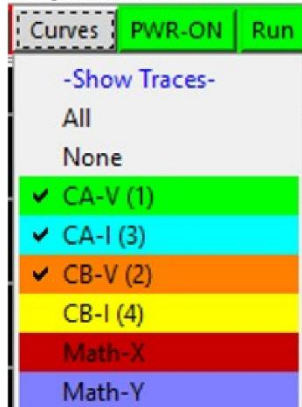
Figura 6. Configuración de la visualización de curvas.

```

% Cargar Figura6
imshow("Figura6.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 6. Configuración de la visualización de curvas');

```

Figura 6. Configuración de la visualización de curvas

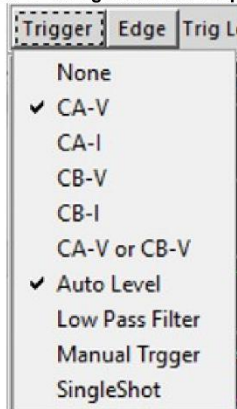


- En el menú desplegable Disparador, elija CA-V y Nivel automático.

Figura 7. Configuración de disipador.

```
% Cargar Figura7
imshow("Figura7.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 7. Configuración de disipador');
```

Figura 7. Configuración de disipador

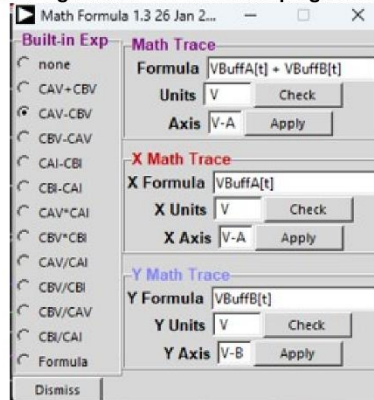


- Para observar el voltaje a través del capacitor, seleccione CAV – CBV en el menú desplegable Matemática.
- Asegúrese de marcar el selector Sync AWG.

Figura 8. Configuración del menú desplegable Matemática.

```
% Cargar Figura8  
imshow("Figura8.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title('Figura 8. Configuración del menú desplegable Matemática');
```

Figura 8. Configuración del menú desplegable Matemática



4. Configure las mediciones RMS:

- En la sección -CA-V- del menú desplegable Meas CA, seleccione RMS y CA-CB RMS.
- En la sección -CA-I-, seleccione RMS.

Figura 9. Configuración de desplegable Meas CA.

```
% Cargar Figura9  
imshow("Figura9.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title('Figura 9. Configuración del desplegable Meas CA');
```

Figura 9. Configuración del desplegable Meas CA

CA	CB	Matr
-CA-V-		
Avg		
Min		
Max		
Base		
Top		
Mid		
P-P		
<input checked="" type="checkbox"/> RMS		
CA-CB		
<input checked="" type="checkbox"/> CA-CB RMS		
User		
-CA-I-		
Avg		
Min		
Max		
Mid		
P-P		
<input checked="" type="checkbox"/> RMS		

- En la sección -CB-V- del menú desplegable Meas CB, seleccione RMS.
- Opcionalmente, puede mostrar los valores máximos (o pico positivo) para CA-V, CA-I y CB-V.

Figura 10. Configuración de desplegable Meas CB.

```
% Cargar Figura10
imshow("Figura10.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 10. Configuración de desplegable Meas CB');
```

Figura 10. Configuración de desplegable Meas CB



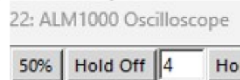
5. Visualización y ajustes finales:

- Inicie la medición haciendo clic en el botón Ejecutar.
- Ajuste la base de tiempo hasta visualizar más de dos ciclos de la onda sinusoidal en la cuadrícula de visualización.
- Establezca Hold Off en 4.0 ms.

Figura 11. Configuración de Hold off.

```
% Cargar Figura11  
imshow("Figura11.jpg");  
% Agregar título a la figura  
title('Figura 11. Configuración de Hold off');
```

Figura 11. Configuración de Hold off

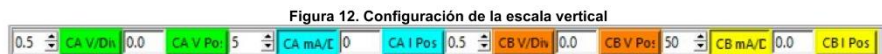


En la pantalla del osciloscopio, deberá observar cuatro trazas distintas:

1. Voltaje del canal A
2. Voltaje del canal B
3. Corriente del canal A
4. Traza matemática del voltaje CA-CB

Figura 12. Configuración de la escala vertical.

```
% Cargar Figura12
imshow("Figura12.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 12. Configuración de la escala vertical');
```



Actividades a desarrollar:

Registro de datos:

Para completar el análisis, registre los siguientes valores RMS:

1. Voltaje a través del circuito RL total (CHA V RMS).
2. Corriente a través de R1, que también es la corriente en el canal A en este circuito en serie (CHA I RMS).
3. Voltaje a través del resistor (CHB V RMS).
4. Voltaje a través del inductor (AB RMS).

Con base en estos valores, se procede a calcular la potencia real (P), la potencia reactiva (Q) y la potencia aparente (S)

Determinar:

- a) Potencia Real (P)
- b) Potencia Reactiva (Q)
- c) Potencia Aparente (S)
- d) Factor de potencia (fp)
- e) Ángulo de desfase (θ):
- g) Corrección del factor de potencia

Resolución:

CHA Vrms: Voltaje a través del circuito RL total.

CHA Irms: Corriente en el canal A.

CHB VR: Voltaje a través del resistor.

AB RMS Vc: Voltaje a través del inductor

De la Figura13 registramos los siguientes datos:

Figura 13. Datos de la simulación.

```
% Cargar Figura 13
imshow("Figura13.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 13. Datos de la simulación');
```

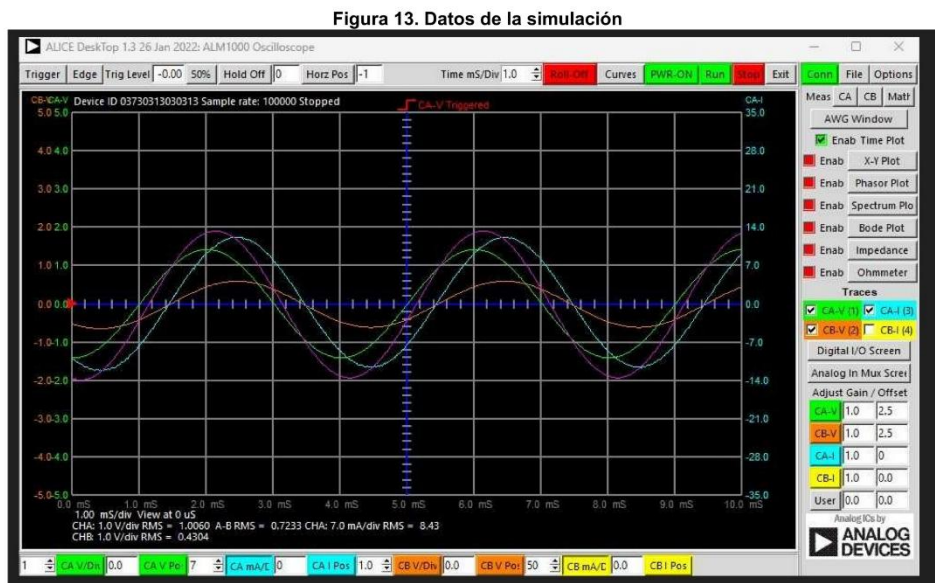
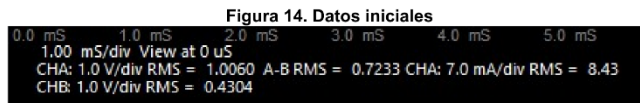


Figura 14. Datos iniciales.

```
% Cargar Figura 14
imshow("Figura14.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 14. Datos iniciales');
```



Datos conocidos y obtenidos del osciloscopio:

V_{rms} = 1.0060 V

I_{RMS} = 8.43 mA (0.00843 A)

V_R = 0.4304 V

V_L = 0.7233 V.

f = 250HZ

R = 47 Ω

L = 40mH = 0.04H

Medición de la resistencia interna del inductor:

Con la ayuda de Alice Ohm Meter se obtuvo el valor de la resistencia interna de la inductancia parámetro esencial para poder determinar la impedancia equivalente, en la figura 15 y 16 se muestra el proceso de medición.

Figura 15. Armado en Protoboard.

```
% Cargar Figura 15
imshow("Figura15.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 15. Armado en Protoboard');
```

Figura 15. Armado en Protoboard

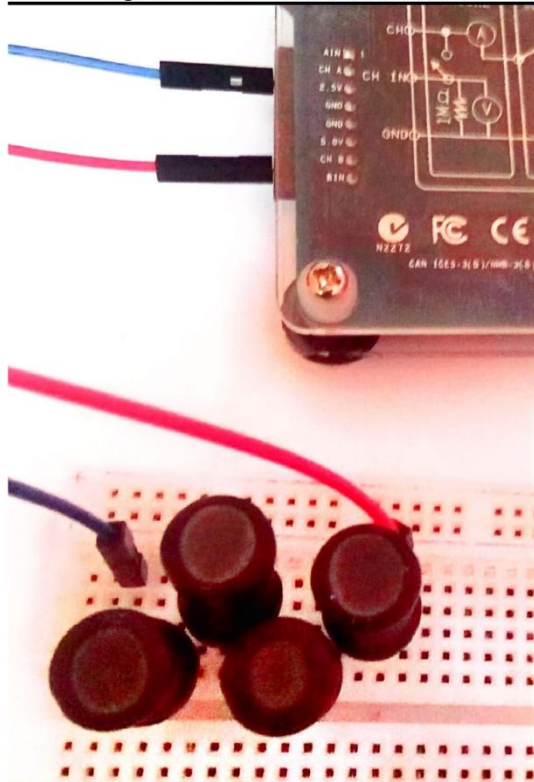
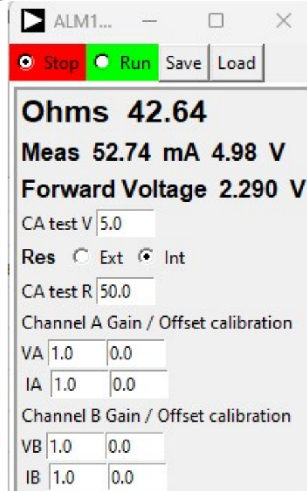


Figura 16. Medición de la Resistencia del inductor en Alice Ohm Meter.

```
% Cargar Figura 16
imshow("Figura16.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 16. Medición en Alice Ohm Meter');
```

Figura 16. Medición en Alice Ohm Meter



Desarrollo:

```
% Datos obtenidos mediante Osciloscopio de Alice
VRMS = 1.0060;      % Voltaje RMS [V]
IRMS = 8.43e-3;    % Corriente RMS [A]
R = 47;            % Resistencia [ $\Omega$ ]
RL = 42.64;       % Resistencia de carga [ $\Omega$ ]
f = 250;          % Frecuencia [Hz]
VR = 0.4304;      % Voltaje en resistencia [V]
VL = 0.7233;     % Voltaje en inductancia [V]
L = 0.04;        % Inductancia [H]

%CÁLCULOS PRELIMINARES
% Parámetros fundamentales del circuito
omega = 2 * pi * f;      % Frecuencia angular [rad/s]
XL = omega * L;         % Reactancia inductiva [ $\Omega$ ]
Zeq = sqrt((R + RL)^2 + XL^2); % Impedancia equivalente [ $\Omega$ ]
```

a) Potencia Real (P):

```
% Cálculo de la Potencia Real
P = VR * IRMS; % Potencia Real en vatios
P_mW = P * 1e3; % Convertir a miliwatios
fprintf('a) Potencia Real:\n');
```

a) Potencia Real:

```
fprintf('P = %.2f mW\n', P_mW);
```

P = 3.63 mW

b) Potencia Reactiva (Q):

```
% Cálculo de la Potencia Reactiva
Q = XL * IRMS^2; %Potencia Reactiva en voltamperios reactivos
Q_mVAR = Q * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios reactivos
fprintf('b) Potencia Reactiva:\n');
```

b) Potencia Reactiva:

```
fprintf('Q = %.2f mVAR\n', Q_mVAR);
```

Q = 4.47 mVAR

c) Potencia Aparente (S):

```
% Cálculo de la Potencia Aparente
S = Zeq * IRMS^2; % Potencia Aparente en voltamperios
S_mVA = S * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios
fprintf('c) Potencia Aparente:\n');
```

c) Potencia Aparente:

```
fprintf('S = %.2f mVA\n', S_mVA);
```

S = 7.78 mVA

d) Factor de Potencia (fp):

```
% Cálculo del factor de potencia (fp)
fp = P / S; % Factor de potencia
fprintf('d) Factor de potencia (fp):\n');
```

d) Factor de potencia (fp):

```
fprintf('fp = %.4f\n', fp);
```

fp = 0.4664

e) Ángulo de Desfase (θ):

```
% Cálculo del ángulo de desfase ( $\theta$ )
theta = acos(fp) * (180 / pi); % Ángulo de desfase en grados
fprintf('e) Ángulo de desfase:\n');
```

e) Ángulo de desfase:

```
fprintf('θ = %.2f°\n', theta);
```

```
θ = 62.20°
```

f) Corrección del factor de potencia:

```
%Cálculo de capacitancia necesaria
fp_objetivo = 0.9; % Factor de potencia deseado
theta_objetivo = acosd(fp_objetivo); % Ángulo de desfase objetivo
Q_nuevo = P * tand(theta_objetivo); % Potencia reactiva nueva necesaria
Q_compensar = Q - Q_nuevo; % Potencia reactiva a compensar
XC_calculado = VRMS^2 / Q_compensar; % Reactancia capacitiva necesaria
C_calculado = 1 / (omega * XC_calculado); %Capacitancia necesaria
C_uF = C_calculado * 1e6; % Conversión a microfaradios
```

```
% Mostrar Resultados
```

```
fprintf('Ángulo objetivo = %.2f°\n', theta_objetivo);
```

```
Ángulo objetivo = 25.84°
```

```
fprintf('Capacitancia calculada = %.2f μF\n', C_uF);
```

```
Capacitancia calculada = 1.70 μF
```

Según los cálculos se necesita un capacitor de 1.70 uF para poder mejorar el factor de potencia determinado en un inicio, por tanto, se realiza los cálculos con un Capacitor de 2.2uF disponible en el mercado los datos iniciales son tomados de Alice Osciloscopio.

Cálculos con condensador de 2.2uF:

Figura 17. Osciloscopio Alice condensador 2.2uF.

```
% Cargar Figura 17
imshow("Figura17.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 17. Osciloscopio Alice condensador 2.2uF');
```

Figura 17. Osciloscopio Alice condensador 2.2uF

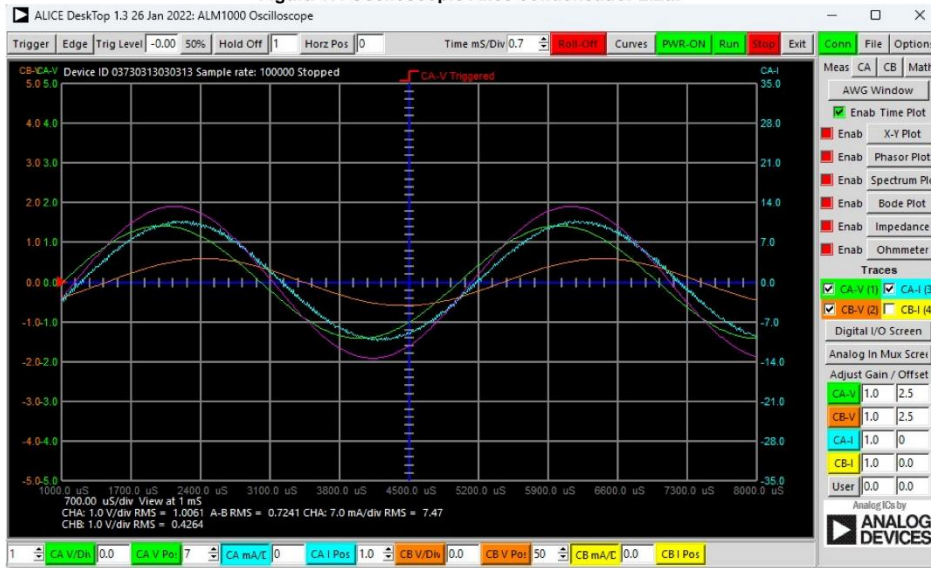


Figura 18. Datos condensador 2.2uF.

```
% Cargar Figura 18
imshow("Figura18.jpg");
% Agregar título a la figura
title('Figura 18. Datos condensador 2.2uF');
```



Datos iniciales condensador 2.2uF

```
% ANÁLISIS CON CAPACITOR COMERCIAL
% Mediciones experimentales con capacitor de 2.2uF
C2 = 2.2e-6; % Capacitancia comercial [F]
Vrms2 = 1.0061; % Voltaje [V]
Irms2 = 7.47e-3; % Corriente [A]
VR2 = 0.4264; % Voltaje del resistor en [V]
VL2 = 0.7241; % Voltaje del inductor en [V]
```

```

% Cálculos de parámetros con compensación
XC2 = 1 / (omega * C2);           % Reactancia capacitiva [Ω]
XL2 = omega * L;                 % Reactancia inductiva [Ω]
Xeq2 = (XC2 * XL2) / (XC2 + XL2); % Reactancia equivalente [Ω]
Zeq2 = sqrt(R^2 + Xeq2^2);       % Impedancia total [Ω]

```

```

% Mostrar resultados
fprintf('Reactancia inductiva (XL2) = %.2f Ω\n', XL2);

```

Reactancia inductiva (XL2) = 62.83 Ω

```

fprintf('Reactancia capacitiva (XC2) = %.2f Ω\n', XC2);

```

Reactancia capacitiva (XC2) = 289.37 Ω

```

fprintf('Reactancia equivalente (Xeq2) = %.2f Ω\n', Xeq2);

```

Reactancia equivalente (Xeq2) = 51.62 Ω

```

fprintf('Impedancia total (Zeq2) = %.2f Ω\n', Zeq2);

```

Impedancia total (Zeq2) = 69.81 Ω

a) Potencia Real (P2):

```

% Cálculo de la potencia real (P)
P2 = VR2 * Irms2;           % Potencia real en vatios
P2_mW = P2 * 1e3;          % Convertir a miliwatios
fprintf('a) Potencia Real:\n');

```

a) Potencia Real:

```

fprintf('P2 = %.2f mW\n', P2_mW);

```

P2 = 3.19 mW

b) Potencia Aparente (S2):

```

% Cálculo de la potencia aparente (S2)
S2 = Zeq2 * Irms2^2; % Potencia aparente en voltamperios (VA)
S2_mVA = S2 * 1e3; % Convertir a mili-voltamperios (mVA)
fprintf('b) Potencia Aparente:\n');

```

b) Potencia Aparente:

```

fprintf('S2 = %.2f mVA\n', S2_mVA);

```

S2 = 3.90 mVA

c) Potencia Reactiva (Q2):

```

% Cálculo de la potencia reactiva (Q2)
Q2 = Xeq2 * Irms2^2; % Potencia reactiva en (VAR)

```



```
Q2_mVAR = Q2 * 1e3; % Convertir a mili-volt-amperios reactivos (mVAR)
fprintf('c) Potencia Reactiva:\n');
```

c) Potencia Reactiva:

```
fprintf('Q2 = %.2f mVAR\n', Q2_mVAR);
```

Q2 = 2.88 mVAR

d) Factor de Potencia (fp2):

```
% Cálculo del factor de potencia (fp2)
fp2 = P2 / S2; % Factor de potencia
fprintf('d) Factor de potencia (fp):\n');
```

d) Factor de potencia (fp):

```
fprintf('fp2 = %.4f\n', fp2);
```

fp2 = 0.8176

e) Ángulo de Desfase (θ_2):

```
% Cálculo del ángulo de desfase ( $\theta_2$ )
theta2 = acos(fp2) * (180 / pi); % Ángulo de desfase en grados
fprintf('e) Ángulo de desfase:\n');
```

e) Ángulo de desfase:

```
fprintf('theta2 = %.2f°\n', theta2);
```

$\theta_2 = 35.15^\circ$

Datos calculados:

1. Potencia Activa (P): 3.19 mW
2. Potencia Aparente (S): 3.90 mVA
3. Potencia Reactiva (Q): 2.88 mVAR
4. Factor de potencia (fp): 0.82
5. Ángulo de desfase (θ): 35.15°

Representación gráfica de las variables extraídas del Pocket Lab ADALM1000:

En esta sección, se procederá a representar las variables obtenidas con el Pocket Lab ADALM1000. El primer paso es importar los datos extraídos, que se encuentran en un archivo con extensión .csv. Posteriormente, estos datos se deben convertir y guardar en un archivo con extensión .mat para su uso en análisis y visualización.

```
% Cargar el archivo .mat
load('C:\Users\USUARIO\Documents\Adalm1000\Livescript\Practica 3 Circuito
RL\DatosRL.mat'); %Colocar el directorio donde se hallan los archivos
```

```

% Extraer las variables directamente desde la estructura
Tiempo = DatosRL.Tiempo*1000; %Tiempo convertido en milisegundos (ms)
CAV = DatosRL.CAV;
CBV = DatosRL.CBV;
CAI = DatosRL.CAI / 10;% Convertir la corriente en miliamperios (mA)
CBI = DatosRL.CBI;

```

1. Graficar voltaje CAV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAV
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5);

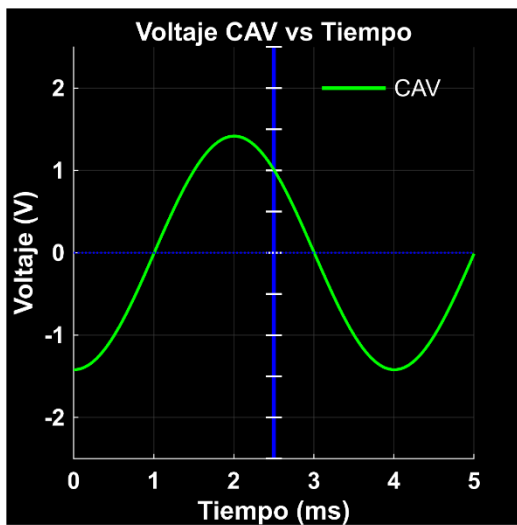
% Configurar el gráfico
title('Voltaje CAV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2);

hold off;

```



2. Graficar corriente CAI vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAI
plot(Tiempo, CAI, 'c', 'LineWidth', 1.5);

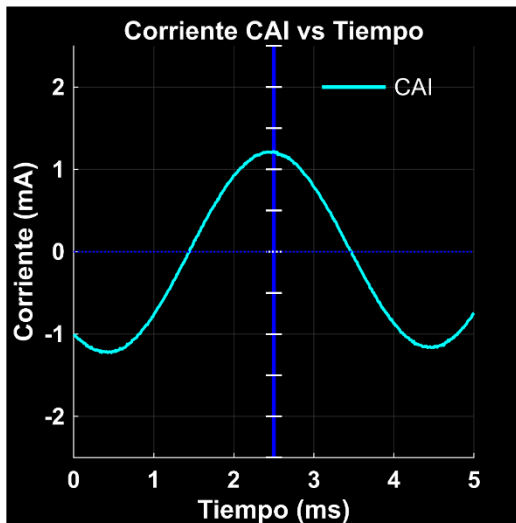
% Configurar el gráfico
title('Corriente CAI vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Corriente (mA)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2);

```

```
hold off;
```



3. Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo:

```
clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar las señales CAV y CAI
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo, CAI, 'c', 'LineWidth', 1.5); % Línea cian para CAI

% Configurar el gráfico
title('CAV y CAI vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V) y Corriente (mA)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight',
'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

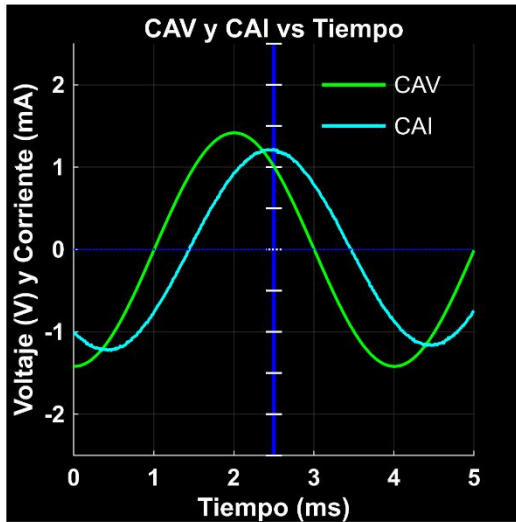
% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
```

```

text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde para CAV
text(4.0, 1.5, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [1.5, 1.5], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2); % Línea cian para CAI

hold off;

```



4. Graficar voltaje CBV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CBV
plot(Tiempo, CBV, 'm', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title('Voltaje CBV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

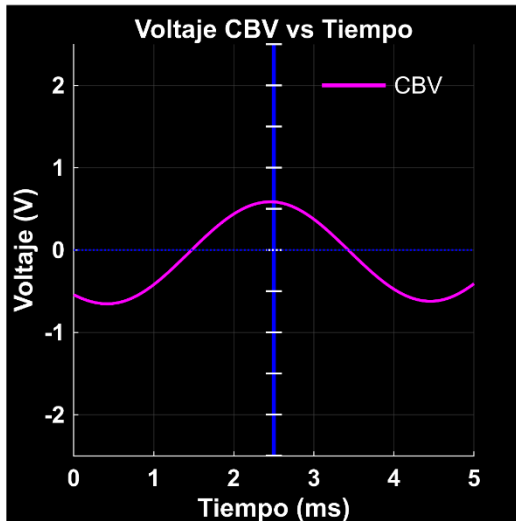
```

```

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2);

hold off;

```



5. Graficar voltajes CAV y CBV vs Tiempo:

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar las señales CAV y CBV
plot(Tiempo, CAV, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo, CBV, 'm', 'LineWidth', 1.5); % Línea magenta para CBV

% Configurar el gráfico
title('Voltajes CAV y CBV vs Tiempo', 'Color', 'w', 'FontSize', 16, 'FontWeight',
'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...

```

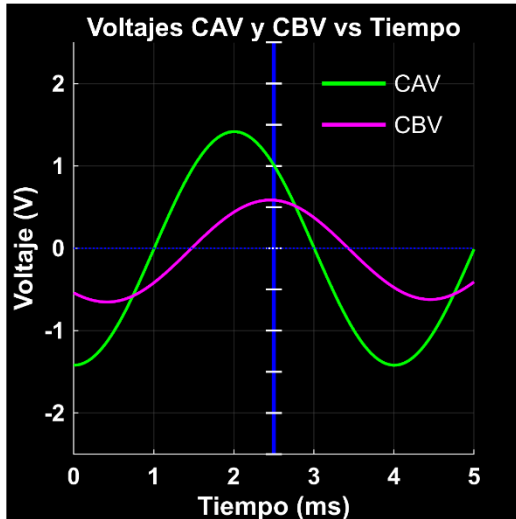
```

'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde para CAV
text(4.0, 1.5, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [1.5, 1.5], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2); % Línea magenta para CBV

hold off;

```



Graficas con el capacitor implementado en paralelo de 2.2uf

```

% Cargar el archivo CSV con los datos y evitar que MATLAB modifique los nombres de
las variables
filename = 'C:\Users\USUARIO\Documents\Adalm1000\Livescript\Practica 3 Circuito
RL\datoscapacitor2.2uf.csv';
data = readtable(filename, 'VariableNamingRule', 'preserve'); % Leer el CSV sin
cambiar los nombres

% Extraer las variables directamente desde la tabla
Tiempo_cap = data.Tiempo * 1000; % Convertir el tiempo a milisegundos (ms)
CAV_cap = data('CA-V'); % Extraer CAV
CBV_cap = data('CB-V'); % Extraer CBV
CAI_cap = data('CA-I') / 10; % Extraer CAI en miliamperios (mA)
CBI_cap = data('CB-I'); % Extraer CBI

```

1. Graficar voltaje CAV vs Tiempo (Capacitor 2.2 μ F):

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-3 3], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -3:0.5:3);

% Graficar la señal CAV
plot(Tiempo_cap, CAV_cap, 'g', 'LineWidth', 1.5);

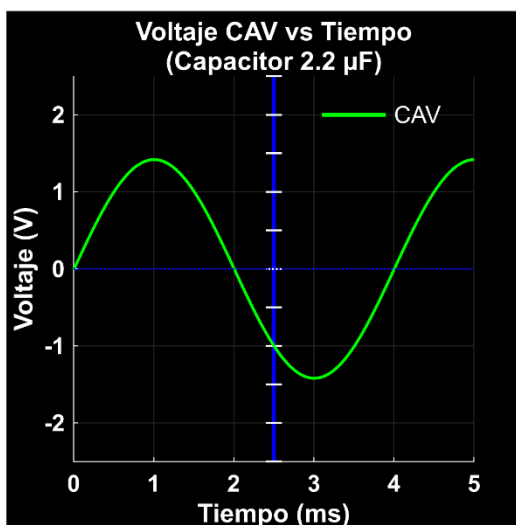
% Configurar el gráfico
title({'Voltaje CAV vs Tiempo', '(Capacitor 2.2  $\mu$ F)'}, 'Color', 'w', 'FontSize',
16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2);

hold off;

```



2. Graficar corriente CAI vs Tiempo (Capacitor 2.2 μF):

```
clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-2.5 2.5], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -2.5:0.5:2.5);

% Suavizado de la señal CAI
windowSize = 5; % Tamaño de la ventana para el suavizado
CAI_cap_suavizado = movmean(CAI_cap, windowSize);

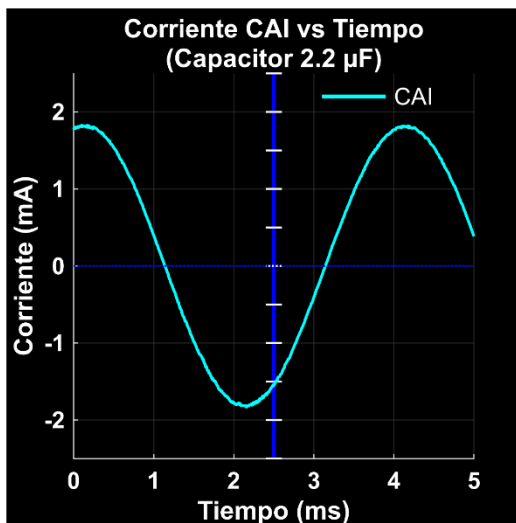
% Graficar la señal CAI suavizada
plot(Tiempo_cap, CAI_cap_suavizado, 'c', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title({'Corriente CAI vs Tiempo', '(Capacitor 2.2  $\mu\text{F}$ )'}, 'Color', 'w', 'FontSize',
16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Corriente (mA)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.2, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.2, 2.2], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2);

hold off;
```



3. Graficar voltaje CAV y corriente CAI vs Tiempo (Capacitor 2.2 μ F):

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-2.5 2.5], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -2.5:0.5:2.5);

% Suavizado de la señal CAI
windowSize = 5;
CAI_cap_suavizado = movmean(CAI_cap, windowSize);

% Graficar las señales CAV y CAI suavizada
plot(Tiempo_cap, CAV_cap, 'g', 'LineWidth', 1.5); % Línea verde para CAV
plot(Tiempo_cap, CAI_cap_suavizado, 'c', 'LineWidth', 1.5); % Línea cian para CAI
suavizado

% Configurar el gráfico
title({'Voltaje CAV y Corriente CAI vs Tiempo', '(Capacitor 2.2  $\mu$ F)'}, 'Color',
'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V) / Corriente (mA)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight',
'bold');

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);

```

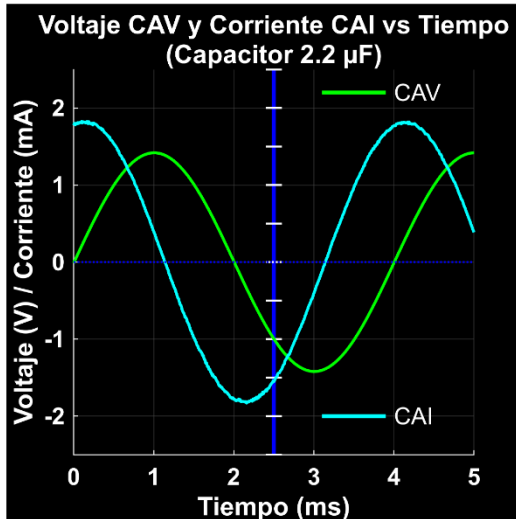
```

grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.2, 'CAV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.2, 2.2], 'Color', 'g', 'LineWidth', 2); % Línea verde para CAV
text(4.0, -2.0, 'CAI', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment',
'left');
line([3.1, 3.9], [-2.0, -2.0], 'Color', 'c', 'LineWidth', 2); % Línea cian para CAI
suavizado

hold off;

```



4. Graficar voltaje CBV vs Tiempo (Capacitor 2.2 μF):

```

clf; hold on;
set(gcf, 'Color', 'k', 'Position', [100, 100, 350, 350]);

% Dibujar el eje central (azul con marcas blancas)
plot([2.5 2.5], [-2.5 2.5], 'b-', 'LineWidth', 2);
arrayfun(@(i) plot([2.4 2.6], [i i], 'w-', 'LineWidth', 1), -2.5:0.5:2.5);

% Graficar la señal CBV
plot(Tiempo_cap, CBV_cap, 'm', 'LineWidth', 1.5);

% Configurar el gráfico
title({'Voltaje CBV vs Tiempo', '(Capacitor 2.2  $\mu\text{F}$ )'}, 'Color', 'w', 'FontSize',
16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Tiempo (ms)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
ylabel('Voltaje (V)', 'Color', 'w', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');

```

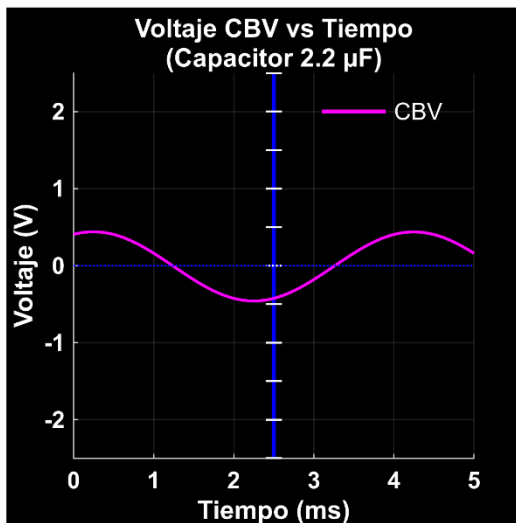
```

% Ajustar límites y formato de ejes
xlim([0 5]); ylim([-2.5 2.5]);
set(gca, 'Color', 'k', 'XColor', 'w', 'YColor', 'w', 'FontSize', 12, 'FontWeight',
'bold', ...
'GridColor', [0.3 0.3 0.3], 'GridAlpha', 0.5);
grid on;

% Línea de referencia en y = 0 y leyenda manual
plot(xlim, [0 0], 'b:', 'LineWidth', 1);
text(4.0, 2.0, 'CBV', 'Color', 'w', 'FontSize', 12, 'HorizontalAlignment', 'left');
line([3.1, 3.9], [2.0, 2.0], 'Color', 'm', 'LineWidth', 2);

hold off;

```



6. Marco Teórico (A elaborar por el estudiante)

1. ¿Por qué es necesario medir la resistencia interna de los inductores en un circuito RL antes de realizar el análisis del factor de potencia?

Es necesario medir la resistencia interna de los inductores para determinar con precisión la impedancia equivalente del circuito. Este parámetro es fundamental para calcular correctamente la potencia aparente y el factor de potencia.

2. ¿Cuál es la diferencia entre un circuito RL y un circuito RC con respecto a la corriente y el voltaje?

En un circuito RL, la corriente se **retrasa** respecto al voltaje debido a la naturaleza inductiva del circuito. En cambio, en un circuito RC, la corriente se **adelanta** al voltaje como consecuencia del comportamiento capacitivo del sistema.

3. ¿Cuál es la finalidad de utilizar un capacitor en paralelo al circuito RL inicial?

El capacitor en paralelo se utiliza para **reducir la reactancia inductiva** del circuito y, de esta forma, **aumentar el factor de potencia** a un valor más eficiente, generalmente en el rango de 0.7 a 0.9.

4. ¿Cuál es el procedimiento para calcular la reactancia equivalente y la impedancia total del circuito?

a. Calcular la reactancia inductiva (XL):

Usar la fórmula:

$$X_L = \omega L$$

donde ω es la frecuencia angular ($2\pi f$) y L es la inductancia y se mide en Henrios.

b. Calcular la reactancia capacitiva (XC):

Usar la fórmula:

$$X_C = 1/\omega C$$

donde C es la capacitancia y se mide en microfaradios (μF) o faradios (F).

c. Calcular la reactancia equivalente (Xeq):

Como XC y XL están en paralelo se calcula con la fórmula:

$$X_{eq} = \frac{X_L * X_C}{X_L + X_C}$$

d. Calcular la impedancia total (Z):

Usar la fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_{eq}^2}$$

Donde R es la resistencia total del circuito y Xeq es la reactancia equivalente calculada previamente.

5. Resume los pasos para corregir el factor de potencia

1. **Registrar el factor de potencia inicial** del circuito RL.
2. **Definir un factor de potencia objetivo**, típicamente entre 0.7 y 0.9.
3. **Calcular el ángulo de desfase** correspondiente al factor de potencia objetivo.
4. **Determinar la capacitancia necesaria** para corregir el factor de potencia y seleccionar un capacitor disponible en el mercado.
5. **Registrar los nuevos datos** con el capacitor instalado utilizando un osciloscopio o instrumento similar: Voltaje RMS, Corriente RMS, Voltaje en el resistor y en el inductor.
6. Calcular las potencias: Potencia Real, Potencia Reactiva y Potencia Aparente.
7. **Verificar el nuevo factor de potencia y el ángulo de desfase**, asegurándose de que el resultado se encuentre dentro del rango objetivo entre 0.7 y 0.9.

8. Resultados Obtenidos (A elaborar por el estudiante)

9. Discusión (A elaborar por el estudiante)

10. Conclusiones (A elaborar por el estudiante)

11. Recomendaciones (A elaborar por el estudiante)

12. Preguntas de control

13. Bibliografía

- Analog Devices, Mercer, D., & Miclaus, A. (2018, September). *Tema de capacitación 9 de ADALM1000 SMU: Potencia y factor de potencia en circuitos de CA [ADALM1000 SMU Training Topic 9: Power and Power Factor in AC Circuits]*. Wiki de Analog Devices. <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/studentzone/studentzone-september-2018.html>.
- Zemansky, M. W. (2009). *Física universitaria con física moderna* (12.^a ed., Vol. 2, p. 1063). Pearson Educación.
- https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/631200/4_t4s1_c5_pdf_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/631186/9_t3s2_c5_html_context_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.