



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
CIRCUITOS ELÉCTRICOS**

**AUTOR:
ALFREDO SIXTO AYALA QUINTERO**

**DIRECTOR DE TESIS:
Ing. DAVID HUMBERTO CÁRDENAS VILLACRES. Msc.**

GUAYAQUIL, 2016

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORIA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Alfredo Sixto Ayala Quintero autorizo a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

f) _____

Autor: _____

Cédula: _____

**CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UPS**

Yo, **ALFREDO SIXTO AYALA QUINTERO**, con documento de identificación N° **1206709725**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS**”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 2016

f) _____

Autor: _____

Cédula: _____

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
SUSCRITO POR EL TUTOR**

Yo, **DAVID HUMBERTO CÁRDENAS VILLACRES**, director del proyecto de Titulación denominado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS**” realizado por el estudiante, **ALFREDO SIXTO AYALA QUINTERO**, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, 2016

f)

David Humberto Cárdenas Villacres. Msc.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión del Msc. David Cárdenas, Ing. Carlos Chávez e Ms. Gabriela Sánchez, a quienes les gustaría expresar mi más profundo agradecimiento, por hacer posible la realización de esta tesis. Además, deseo valorar su paciencia, tiempo y dedicación que tuvieron para que esto saliera de manera exitosa. Gracias por su apoyo, por ser parte de la columna vertebral de mi tesis.

Igualmente deseo expresar mi agradecimiento a todos los profesores que contribuyeron a mi formación, en particular al Dr. C. Pedro Luis González Rivera, Ms. Gary Ampuño, Ms. Roy Santana, Ms. Klever Carrión, Ms. Cristopher Reyes, Ms. Nino Vega, Ms. Otto Astudillo, Ms. Pablo Parra, Ms. Fernando Bustamante, Ms. Alex Casco, Ing. Orly Guzmán, Ms. Gabriel Gaibor, Ms. Luis Ruiz, Ms. Nelson Layedra, Ms. Cecilia Grunauer, Ing. Teddy Negrete, entre otros.

A mi madre Tania Jaqueline Quintero Quintero por ser mujer virtuosa porque su estima sobre pasa largamente a la de las perlas preciosas, y con voluntad trabaja con sus manos. Es como nave de mercader; Trae su pan de lejos. Se levanta aun de noche y da comida a su familia y ración a sus criadas. Ciñe de fuerza sus lomos, y esfuerza sus brazos. Ve que van bien sus negocios; Su lámpara no se apaga de noche. Alarga su mano al pobre, y extiende sus manos al menesteroso. No tiene temor de la nieve por su familia, porque toda su familia está vestida de ropas dobles. Fuerza y honor son su vestidura; Y se ríe de lo por venir. Muchas mujeres hicieron el bien; Mas tú sobrepasas a todas. (Pr. 31.10(B),13(B),14,15,17,18,20,21,25,29)

DEDICATORIA

A Dios por darme una nueva oportunidad de vida, llenarme de amor, fe y esperanza guiándome y dejándome guiar por su camino así terminando esta etapa estudiantil. A mi madre por haberme solventado durante mi vida académica sus oraciones que fueron escuchadas en momentos difíciles y los fáciles. Y poder mantener la perseverancia, renuevo, paciencia y el Espíritu de Dios que está conmigo dándome sabiduría, inteligencia aconsejándome para poder realizarlo con conocimiento y temor de Jehová.

INDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICADO DE SESION DE DERECHOS	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vii
INDICE GENERAL	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE TABLAS.....	xviii
INDICE DE ECUACIONES	xxi
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT	xxiv
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Problema	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Método de investigación	3
CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEORICOS	4
2.1. Resistor.....	4
2.2. Capacitor	5
2.3. Inductor	6
2.4. Ley de ohm.....	6
2.5. Potencia	7
2.6. Leyes de circuitos.....	7
2.6.1. Ley de corrientes de kirchhoff	7
2.6.2. Ley de voltaje de kirchhoff	8
2.7. Métodos de análisis en circuitos eléctricos	9
2.7.1. Análisis de nodos	9

2.7.2. Análisis de mallas	10
2.8. Teorema en el análisis de circuitos	11
2.8.1. Teorema de superposición.....	11
2.8.2. Teorema de sustitución	11
2.8.3. Teorema de millmann	12
2.8.4. Teorema de thevenin	13
2.8.5. Teorema de norton	14
2.9. Fasores y corriente alterna	15
2.9.1. Representación fasorial de la resistencia.....	17
2.9.2. Representación fasorial del inductor.....	18
2.9.3. Representación fasorial del capacitor.....	19
2.10. Análisis de potencia en corriente alterna	20
2.10.1. Potencia activa	20
2.10.2. Potencia reactiva	21
2.10.3. Potencia compleja	22
2.10.3.1. Valor eficaz o rms	23
2.10.4. Factor de potencia	24
2.10.4.1. Corrección del factor de potencia	25
2.11. Análisis transitorio de circuitos.....	27
2.11.1. Análisis transitorio de circuitos rc y rl	27
2.11.1.1. Transitorio de circuitos rc en cualquier instante de tiempo	27
2.11.1.2. Transitorio de circuitos rl en cualquier instante de tiempo	28
2.11.2. Análisis transitorio de circuitos rlc	30
2.12. Circuitos trifasicos	31
2.12.1. Secuencia de fase positiva.....	32
2.12.2. Secuencia de fase negativa.....	33
2.12.3. Conexión estrella.....	34
2.12.3.1. Análisis de corrientes:	34
2.12.3.2. Análisis de voltajes:	35
2.12.3.3. Análisis de potencia:	35
2.12.4. Conexión delta	36
2.12.4.1. Análisis de corrientes:	36
2.12.4.2. Análisis de voltajes:	36
2.12.4.3. Análisis de potencia:	37

CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS..... 38

3.1. Lineamientos a seguir para la construcción del banco de pruebas para circuitos eléctricos	38
3.2. Diseño del proyecto.....	38
3.3. Construcción de la estructura metálica.	40
3.4. Construcción de la plancha metálica galvanizada.....	42
3.5. Montaje del vinil en la plancha metálica.....	44
3.6. Montaje de equipos y elementos al tablero	46
3.7. Conexión y cableado interno de los equipos y elementos del banco de pruebas.	48
3.8. Inventario de materiales y equipos que componen el banco de pruebas.....	49
3.9. Presupuesto de la construcción del banco de pruebas para circuitos eléctricos..	50
3.10. Descripción de cada equipo y elemento que conforma el banco de pruebas para circuitos eléctricos.....	52
3.10.1. Disyuntor trifásico de 3p-10a -1.	52
3.10.2. Variac trifásico de 3kva -1 (0-230vac).....	52
3.10.3. Barra de alimentación -1 (0-230v).	52
3.10.4. Fuente dc -1 (0-24vdc).	53
3.10.5. Analizador de red trifásico -1 (pm 700).	53
3.10.6. Módulo de carga inductiva. de L1 a L3 (vmáx:120v), de L4 a L6 (vmáx:80v).	53
3.10.7. Módulo de carga inductiva. de L7 a L9 (vmáx:115v), de L10 a L12 (vmáx:40v).	54
3.10.8. Osciloscopio de dos canales de 100 mhz.	54
3.10.9. Módulo de carga resistiva máx:50w. de r1 a r6 (500 Ω).	54
3.10.10. Módulo de carga resistiva máx: 50w. de r7 a r12 (750 Ω).	55
3.10.11. Módulo de carga resistiva máx: 50w. de r13 a r18 (1k Ω).	55
3.10.12. Módulo de carga resistiva máx: 50w. de r19 a r24 (1.5k Ω).	55
3.10.13. Carga trifásica balanceada 0.75hp/ 220v -1 (motor siemens).	56
3.10.14. Carga trifásica balanceada 0.75hp/ 220v -2 (motor siemens).	56
3.10.15. Fuente dc -2 (0-24vdc).	56
3.10.16. Analizador de red trifásico -2 (pm 700).	57
3.10.17. Módulo de carga capacitiva máx: 220vac. De c1 a c6.	57
3.10.18. Módulo de carga capacitiva máx: 220vac. De c7 a c12.	57

3.10.19. Barra de alimentación -2 (0-230v).....	58
3.10.20. Variac trifásico de 3kva -2 (0-230vac).....	58
3.10.21. Disyuntor trifásico de 3p-10a -2.	58

CAPÍTULO IV MANUAL DE PRÁCTICAS DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELECTRICOS..... 59

4.1. Guía de prácticas del banco de pruebas:	59
4.2. Desarrollo de prácticas.....	61
4.3. Práctica # 1	61
4.3.1. Datos informativos	61
4.3.2. Datos de la práctica	61
4.3.3. Manual de usuario del banco de pruebas para circuitos eléctricos	65
4.3.4. Secciones y elementos del banco de pruebas.....	66
4.3.5. Diagrama unifilar general del banco de pruebas para circuitos eléctricos.....	69
4.3.6. Manual de rutina y operación del banco de pruebas para circuitos eléctricos .	70
4.3.7. Protocolos de mantenimiento preventivo.....	75
4.4. Práctica # 2.....	85
4.4.1. Datos informativos	85
4.4.2. Datos de la práctica	85
4.5. Práctica # 3.....	97
4.5.1 datos informativos.....	97
4.5.2. Datos de la práctica	97
4.6. Práctica #4.....	105
4.6.1. Datos informativos	105
4.6.2. Datos de la práctica	105
4.7. Práctica # 5.....	112
4.7.1. Datos informativos	112
4.7.2. Datos de la práctica	112
4.8. Práctica # 6.....	122
4.8.1 datos informativos.....	122
4.8.2. Datos de la práctica	122
4.9. Práctica # 7.....	129
4.9.1. Datos informativos	129
4.9.2. Datos de la práctica	129

4.10. Práctica # 8.....	137
4.10.1. Datos informativos.....	137
4.10.2. Datos de la práctica.....	137
4.11. Práctica # 9.....	145
4.11.1. Datos informativos.....	145
4.11.2. Datos de la práctica.....	145
4.12. Práctica # 10.....	153
4.12.1. Datos informativos.....	153
4.12.2. Datos de la práctica.....	153
4.13. Práctica # 11.....	170
4.13.1. Datos informativos.....	170
4.13.2. Datos de la práctica.....	170
4.14. Práctica # 12.....	179
4.14.1. Datos informativos.....	179
4.14.2. Datos de la práctica.....	179
4.15. Práctica # 13.....	188
4.15.1. Datos informativos.....	188
4.15.2. Datos de la práctica.....	188
4.16. Práctica # 14.....	197
4.16.1 datos informativos.....	197
4.16.2. Datos de la práctica.....	197
4.17. Práctica # 15.....	205
4.17.1. Datos informativos.....	205
4.17.2. Datos de la práctica.....	205
4.18. Práctica # 16.....	215
4.18.1. Datos informativos.....	215
4.18.2. Datos de la práctica.....	215
4.19. Práctica # 17.....	224
4.19.1. Datos informativos.....	224
4.19.2. Datos de la práctica.....	224
4.20. Práctica # 18.....	233
4.20.1. Datos informativos.....	233
4.20.2. Datos de la práctica.....	233
4.21. Práctica # 19.....	242
4.21.1. Datos informativos.....	242

4.21.2. Datos de la práctica	242
4.22. Práctica # 20	254
4.22.1. Datos informativos	254
4.22.2. Datos de la práctica	254
4.23. Práctica # 21	265
4.23.1. Datos informativos	265
4.23.2. Datos de la práctica	265
4.24. Práctica # 22	276
4.24.1. Datos informativos	276
4.24.2. Datos de la práctica	276
4.25. Práctica # 23	287
4.25.1. Datos informativos	287
4.25.2. Datos de la práctica	287
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES	298
5.1. Conclusiones finales.....	298
5.2. Recomendaciones finales	299
Bibliografía	300

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Símbolo del resistor	4
Figura 2. Ejemplo de resistencia eléctrica. Código de colores	4
Figura 3. (a) Cortocircuito y (b) Circuito abierto.....	5
Figura 4. Símbolo del capacitor	5
Figura 5. Símbolo del inductor	6
Figura 6. Nodo para ilustrar la aplicación de la ley de corriente de Kirchoff.....	7
Figura 7. Ley de Kirchoff y cargas eléctricas	8
Figura 8. Circuito para ley de voltaje de Kirchoff	8
Figura 9. Nodo y supernodo.....	10
Figura 10. Circuito de malla	10
Figura 11. Circuito del teorema de superposición	11
Figura 12. Teorema de sustitución y ramas equivalente entre los puntos A y B	11
Figura 13. Teorema de Millmann	12
Figura 14. Circuito equivalente Thevenin.....	13
Figura 15. Conversión entre los Circuito equivalente Thevenin y Norton	14
Figura 16. Circuito equivalente de Norton.....	15
Figura 17. (a) Dominio del tiempo $v=Ri$ (b) Dominio de la frecuencia $V=RI$	17
Figura 18. (a) Dominio del tiempo $v=L di/dt$ (b) Dominio de la frecuencia $V=jwLI$	18
Figura 19. (a) Dominio del tiempo $i=C dv/dt$ (b) Dominio de la frecuencia $I=jwCV$	19
Figura 20. Triángulo de potencias	22
Figura 21. Para el ejemplo de potencia rms	23
Figura 22. Triangulo del factor de potencia.....	24
Figura 23. (a) Condición inicial del FP (b) Corrección del FP.....	25
Figura 24. Triangulo de potencias para la corrección del FP.....	26
Figura 25. (a) Red en fase de carga; (b) Configuración en fase de descarga.....	27
Figura 26. Fase de almacenamiento de energía en el inductor	29
Figura 27. (a) Generador básico de tres fases. (b) Ondas de voltajes. (c) Voltajes en fasores	31
Figura 28. Secuencia positiva o abc.....	32
Figura 29. Secuencia negativa o acb.....	33
Figura 30. Circuito trifásico conexión estrella.....	34
Figura 31. Circuito trifásico conexión delta.....	36

Figura 32. Diseño del proyecto	39
Figura 33. Construcción de la estructura metálica	40
Figura 34. Construcción de la estructura de la mesa.....	41
Figura 35. Construcción de la mesa	41
Figura 36. Calados y perforaciones luces piloto, portafusibles, y osciloscopio	42
Figura 37. Calados y perforaciones en la plancha metálica	43
Figura 38. Plancha metálica pintada	43
Figura 39. Aplicación adhesiva del vinil	44
Figura 40. Vista lateral derecho del montaje del vinil	45
Figura 41. Vista lateral izquierda del montaje del vinil.....	45
Figura 42. Montaje de las borneras, medidor DC y los portafusibles.....	46
Figura 43. Montaje de equipos y elementos. Vista posterior.....	47
Figura 44. Montaje de equipos y elementos. Vista frontal	47
Figura 45. Cableado del tablero	48
Figura 46. Disyuntor trifásico de 3P-10A -1.....	52
Figura 47. Variac trifásico de 3KVA -1 (0-230VAC).....	52
Figura 48. Barra de alimentación -1 (0-230V).....	52
Figura 49. Fuente DC -1 (0-24VDC)	53
Figura 50. Analizador de red trifásico -1, modelo Power Logic PM 700.....	53
Figura 51. Módulo de carga inductiva. de L1 a L6.....	53
Figura 52. Módulo de carga inductiva. de L7 a L12.....	54
Figura 53. Osciloscopio de dos canales	54
Figura 54. Módulo de carga resistiva. de R1 a R6.....	54
Figura 55. Módulo de carga resistiva. de R7 a R12.....	55
Figura 56. Módulo de carga resistiva. de R13 a R18.....	55
Figura 57. Módulo de carga resistiva. de R19 a R24.....	55
Figura 58. Carga trifásica balanceada 0.75HP/ 220V -1.....	56
Figura 59. Carga trifásica balanceada 0.75HP/ 220V -2.....	56
Figura 60. Fuente DC -2 (0-24VDC).....	56
Figura 61. Analizador de red trifásico -2, modelo Power Logic PM 700.....	57
Figura 62. Módulo de carga capacitiva. de C1 a C6.....	57
Figura 63. Módulo de carga capacitiva. de C7 a C12.....	57
Figura 64. Barra de Alimentación -2 (0-230V).....	58
Figura 65. Variac trifásico de 3KVA -2 (0-230VAC)	58
Figura 66. Disyuntor trifásico de 3P-10A -2.....	58

Figura 67. Estructura general del tablero	68
Figura 68. Diagrama unifilar general del banco de pruebas para circuitos eléctricos.	69
Figura 69. Barra de alimentación	70
Figura 70. Alimentación del variac trifásico.....	70
Figura 71. Fuente DC.....	71
Figura 72. Analizador de red 3F	71
Figura 73. Módulo de carga inductiva	72
Figura 74. Osciloscopio de 2 canales.....	72
Figura 75. Módulo de carga resistiva.....	72
Figura 76. Carga trifásica balanceada	73
Figura 77. Módulo de carga capacitiva.....	73
Figura 78. Diagrama eléctrico. Prueba # 1-A – Práctica # 2	90
Figura 79. Diagrama de conexión. Prueba # 1-A – Práctica # 2.....	90
Figura 80. Diagrama eléctrico. Prueba # 1-B – Práctica # 2.....	92
Figura 81. Diagrama de conexión. Prueba # 1-B – Práctica # 2.....	92
Figura 82. Diagrama eléctrico. Prueba # 1-C – Práctica # 2.....	94
Figura 83. Diagrama de conexión. Prueba # 1-C – Práctica # 2.....	94
Figura 84. Diagrama eléctrico en serie y paralelo de los módulos resistivos. Prueba # 1 – Práctica # 3.....	101
Figura 85. Diagrama de conexión en serie y paralelo de los módulos resistivos. Prueba # 1 – Práctica # 3.....	102
Figura 86. Diagrama eléctrico de la relación de voltaje – corriente. Prueba # 1 – Práctica # 4.....	109
Figura 87. Diagrama de conexión de la relación de voltaje – corriente. Prueba # 1 – Práctica # 4.....	109
Figura 88. Diagrama eléctrico de la verificación de la ley de voltajes y corrientes de Kirchhoff. Prueba # 1 – Práctica # 5	117
Figura 89. Diagrama de conexión para verificación de la ley de voltajes y corrientes de Kirchhoff. Prueba # 1 – Práctica # 5	118
Figura 90. Diagrama eléctrico transformación estrella a delta. Prueba # 1 – Práctica # 6.....	125
Figura 91. Diagrama de conexión de la transformación estrella - delta. Prueba # 1 – Práctica # 6.....	126
Figura 92. Diagrama eléctrico circuito de malla en D.C. Prueba # 1 – Práctica # 7	133
Figura 93. Diagrama de conexión del circuito de malla en DC. Prueba # 1 – Práctica # 7.....	134
Figura 94. Diagrama eléctrico circuito de nodos. Prueba # 1 – Práctica # 8	141

Figura 95. Diagrama de conexión del circuito de nodos. Prueba # 1 – Práctica # 8	142
Figura 96. Diagrama eléctrico teorema de Thevenin. Prueba # 1 – Práctica # 9....	149
Figura 97. Diagrama de conexión teorema de Thevenin. Prueba # 1 – Práctica # 9	150
Figura 98. Diagrama eléctrico circuito resistivo en corriente alterna. Prueba # 1 – Práctica # 10.....	157
Figura 99. Diagrama de conexión circuito resistivo en corriente alterna. Prueba # 1 – Práctica # 10.....	158
Figura 100. Oscilograma del circuito resistivo	160
Figura 101. Diagrama eléctrico circuito inductivo en corriente alterna. Prueba # 2 – Práctica # 10.....	161
Figura 102. Diagrama de conexión circuito inductivo en corriente alterna. Prueba # 2 – Práctica # 10.....	162
Figura 103. Oscilograma del circuito inductivo.....	164
Figura 104. Diagrama eléctrico circuito capacitivo en corriente alterna. Prueba # 3 – Práctica # 10.....	165
Figura 105. Diagrama de conexión circuito capacitivo en corriente alterna. Prueba # 3 – Práctica # 10.....	166
Figura 106. Oscilograma del circuito capacitivo	168
Figura 107. Diagrama eléctrico circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie. Prueba # 1 – Práctica # 11.....	174
Figura 108. Diagrama de conexión circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie. Prueba # 1 – Práctica # 11.....	175
Figura 109. Oscilograma del circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie	177
Figura 110. Diagrama eléctrico del circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo. Prueba # 1 – Práctica # 12.....	183
Figura 111. Diagrama de conexión del circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo. Prueba # 1 – Práctica # 12.....	184
Figura 112. Oscilograma del circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo	186
Figura 113. Diagrama eléctrico circuito mixto de impedancias en corriente alterna. Prueba # 1 – Práctica # 13.....	192
Figura 114. Diagrama de conexión circuito mixto de impedancias en corriente alterna. Prueba # 1 – Práctica # 13.....	193
Figura 115. Oscilograma del circuito mixto de impedancias en A.C	195
Figura 116. Diagrama eléctrico transformación estrella a delta con impedancias. Prueba # 1 – Práctica # 14.....	200
Figura 117. Diagrama de conexión de la transformación estrella - delta. Prueba # 1 – Práctica # 14.....	201
Figura 118. Oscilograma del circuito de transformación estrella - delta	203

Figura 119. Diagrama eléctrico potencia eléctrica y factor de potencia en A.C. Prueba # 1 – Práctica # 15.....	210
Figura 120. Diagrama de conexión potencia eléctrica y factor de potencia en A.C. Prueba # 1 – Práctica # 15.....	211
Figura 121. Diagrama eléctrico circuito de malla en A.C. Prueba # 1 – Práctica # 16	219
Figura 122. Diagrama de conexión del circuito de malla en A.C. Prueba # 1 – Práctica # 16.....	220
Figura 123. Diagrama eléctrico circuito de nodos en AC. Prueba # 1 – Práctica # 17	228
Figura 124. Diagrama de conexión del circuito de nodos en AC. Prueba # 1 – Práctica # 17.....	229
Figura 125. Diagrama eléctrico del sistema de alimentación trifásico en Y. Prueba # 1 – Práctica # 18.....	237
Figura 126. Diagrama de eléctrico del sistema de alimentación trifásico en Δ . Prueba # 1 – Práctica # 18.....	238
Figura 127. Oscilograma del sistema de alimentación trifásico.	240
Figura 128. Diagrama eléctrico carga trifásica balanceada conectada en estrella. Prueba # 1 – Práctica # 19.....	246
Figura 129. Diagrama de conexión carga trifásica balanceada conectada en estrella. Prueba # 1 – Práctica # 19.....	247
Figura 130. Diagrama eléctrico carga trifásica balanceada conectada en delta. Prueba # 1 – Práctica # 20.....	258
Figura 131. Diagrama de conexión carga trifásica balanceada conectada en delta. Prueba # 1 – Práctica # 20.....	259
Figura 132. Diagrama eléctrico carga trifásica desbalanceada conectada en estrella. Prueba # 1 – Práctica # 21	269
Figura 133. Diagrama de conexión carga trifásica desbalanceada conectada en estrella. Prueba # 1 – Práctica # 21	270
Figura 134. Diagrama eléctrico carga trifásica desbalanceada conectada en delta. Prueba # 1 – Práctica # 22.....	280
Figura 135. Diagrama de conexión carga trifásica desbalanceada conectada en delta. Prueba # 1 – Práctica # 22.....	281
Figura 136. Diagrama eléctrico compensación reactiva en sistemas trifásicos. Prueba # 1 – Práctica # 23	291
Figura 137. Diagrama de conexión compensación reactiva en sistemas trifásicos. Prueba # 1 – Práctica # 23.....	292

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inventario del banco de pruebas.....	49
Tabla 2. Equipos adquiridos por el estudiante	50
Tabla 3. Equipos facilitados por la universidad	51
Tabla 4. Protocolo de operatividad fuente variable.....	76
Tabla 5. Protocolo de operatividad cargas capacitivas.	77
Tabla 6. Protocolo de operatividad carga inductiva.....	78
Tabla 7. Protocolo de operatividad cargas resistivas R1 a R12.	79
Tabla 8. Protocolo de operatividad cargas resistivas de R13 a R24.	80
Tabla 9. Protocolo de operatividad motor trifásico.....	81
Tabla 10. Protocolo de operatividad analizador de redes.....	82
Tabla 11. Protocolo de operatividad transformador y rectificador.	83
Tabla 12. Mediciones de la prueba precisión porcentual. Práctica # 2.....	91
Tabla 13. Mediciones de resistencia de inductores. Práctica # 2	93
Tabla 14. Mediciones de la prueba precisión porcentual. Práctica # 2	95
Tabla 15. Resistencias en serie- paralelo. Práctica # 3.....	103
Tabla 16. Mediciones de la relación voltaje - corriente. Práctica # 4	110
Tabla 17. Mediciones de resistores de los módulos. Práctica # 5	119
Tabla 18. Mediciones de la ley de voltajes de Kirchhoff. Práctica # 5	119
Tabla 19. Verificación de la ley de corrientes de Kirchhoff. Práctica # 5	120
Tabla 20. Transformación estrella - delta. Práctica # 6.....	127
Tabla 21. Circuito malla DC. Práctica # 7	135
Tabla 22. Circuito de nodos. Práctica # 8	143
Tabla 23. Teorema de Thevenin. Práctica # 9.....	151
Tabla 24. Máxima transferencia de potencia. Práctica # 9.....	151
Tabla 25. Circuito resistivo en corriente alterna. Práctica # 10	159
Tabla 26. Circuito inductivo en corriente alterna. Práctica # 10.....	163
Tabla 27. Circuito capacitivo en corriente alterna. Práctica # 10	167
Tabla 28. Circuito RLC en serie. Práctica # 11	176
Tabla 29. Valores fasorial y en función del tiempo. Práctica # 11	176
Tabla 30. Circuito RLC en paralelo. Práctica # 12	185
Tabla 31. Valores fasorial y en función del tiempo. Práctica # 12	185
Tabla 32. Circuito mixto de impedancias en corriente alterna. Práctica # 13.....	194
Tabla 33. Valores de voltajes y corrientes. Práctica # 13	194

Tabla 34. Valores fasorial y en función del tiempo. Práctica # 13	195
Tabla 35. Transformación estrella - delta. Práctica # 14.....	202
Tabla 36. Mediciones, valores fasorial y en función del tiempo. Práctica # 14.....	202
Tabla 37. Datos de voltajes y corrientes. Práctica # 15.....	212
Tabla 38. Datos de potencias teóricas. Práctica # 15	212
Tabla 39. Potencias totales de la Red. Práctica # 15	213
Tabla 40. Potencias totales de la red con compensación reactiva. Práctica # 15 ...	213
Tabla 41. Circuito malla en AC. Práctica # 16.....	221
Tabla 42. Corrientes de malla en AC. Práctica # 16	221
Tabla 43. Voltajes. Práctica # 16	222
Tabla 44. Corrientes. Práctica # 16	222
Tabla 45. Circuito de nodos en AC. Práctica # 17	230
Tabla 46. Corrientes de nodos en AC. Práctica # 17.....	230
Tabla 47. Voltajes. Práctica # 17	231
Tabla 48. Corrientes. Práctica # 17	231
Tabla 49. Medición de voltajes y frecuencias. Práctica # 18	239
Tabla 50. Fasores de voltajes. Práctica # 18	239
Tabla 51. Voltajes en función del tiempo. Práctica # 18.....	239
Tabla 52. Impedancias. Práctica # 19.....	248
Tabla 53. Voltajes y corrientes (sin conductor neutro). Práctica # 19	248
Tabla 54. Potencias por fase (sin conductor neutro). Práctica # 19	249
Tabla 55. Potencias totales de la red (sin conductor neutro). Práctica # 19.....	249
Tabla 56. Voltajes y corrientes (con el conductor neutro). Práctica # 19	250
Tabla 57. Potencias por fase (con el conductor neutro). Práctica # 19	250
Tabla 58. Potencias totales de la red (con el conductor neutro). Práctica # 19.....	251
Tabla 59. Diagrama fasorial (con el conductor neutro). Práctica # 19.....	251
Tabla 60. Impedancias. Práctica # 20.....	260
Tabla 61. Voltajes y corrientes. Práctica # 20.....	260
Tabla 62. Potencias por fase. Práctica # 20.....	261
Tabla 63. Potencias totales de la red. Práctica # 20	261
Tabla 64. Diagrama fasorial. Práctica # 20	262
Tabla 65. Impedancias. Práctica # 21.....	271
Tabla 66. Voltajes y corrientes. Práctica # 21	271
Tabla 67. Potencias por fase. Práctica # 21	272
Tabla 68. Potencias totales de la red. Práctica # 21	272

Tabla 69. Diagrama fasorial. Práctica # 21	273
Tabla 70. Impedancias. Práctica # 22.....	282
Tabla 71. Voltajes y corrientes. Práctica # 22.....	282
Tabla 72. Potencias por fase. Práctica # 22.....	283
Tabla 73. Potencias totales de la red. Práctica # 22	283
Tabla 74. Diagrama fasorial. Práctica # 22	284
Tabla 75. Impedancias. Práctica # 23.....	293
Tabla 76. Voltajes y corrientes. Práctica # 23.....	293
Tabla 77. Potencias por fase. Práctica # 23.....	294
Tabla 78. Potencias totales de la red. Práctica # 23	294
Tabla 79. Voltajes y corrientes. Práctica # 23	295
Tabla 80. Potencias por fase. Práctica # 23.....	295
Tabla 81. Potencias totales de la red. Práctica # 23	296

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ley de ohm.....	6
Ecuación 2: Potencia eléctrica	7
Ecuación 3: Corrientes igual a cero	8
Ecuación 4: Aplicación de la ley de voltaje de Kirchhoff	9
Ecuación 5: Voltaje del teorema Millmann	12
Ecuación 6: Resistencia Millmann.....	13
Ecuación 7: Dominio del tiempo. Voltaje.....	15
Ecuación 8: Dominio del tiempo. Corriente	15
Ecuación 9: Dominio de la frecuencia. Voltaje	16
Ecuación 10: Dominio de la frecuencia. Corriente	16
Ecuación 11: Dominio del tiempo. Resistencia	17
Ecuación 12: Dominio de la frecuencia. Resistencia	18
Ecuación 13: Dominio del tiempo. Inductor	18
Ecuación 14: Dominio de la frecuencia. Inductor.....	19
Ecuación 15: Dominio del tiempo. Capacitor	20
Ecuación 16: Dominio de la frecuencia. Capacitor.....	20
Ecuación 17: Potencia activa	20
Ecuación 18: Potencia activa en función de la resistencia.....	21
Ecuación 19: Potencia reactiva, carga capacitiva	21
Ecuación 20: Reactancia capacitiva	21
Ecuación 21: Potencia reactiva, carga inductiva.....	21
Ecuación 22: Reactancia inductiva	22
Ecuación 23: Potencia compleja	22
Ecuación 24: Factor de potencia	24
Ecuación 25: Voltaje del capacitor	28
Ecuación 26: Corriente del capacitor	28
Ecuación 27: Voltaje del inductor.....	29
Ecuación 28: Corriente del inductor	29
Ecuación 29: Respuesta sobreamortiguada.....	30
Ecuación 30: Respuesta subamortiguada.....	30
Ecuación 31: Respuesta críticamente amortiguada.....	30
Ecuación 32: Formula cuadrática relacionada a circuitos transitorios RLC	30
Ecuación 33: Frecuencia neperiana.....	31
Ecuación 34: Frecuencia de resonancia	31

Ecuación 35: Frecuencia de resonancia natural	31
Ecuación 36: Secuencia positiva o abc	32
Ecuación 37: Secuencia negativa o acb	33
Ecuación 38: Corriente en el neutro o resultante	34
Ecuación 39: Relación de voltajes en circuitos trifásicos conexión estrella.....	35
Ecuación 40: Potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos conexión estrella balanceada	35
Ecuación 41 Potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos conexión estrella desbalanceada	35
Ecuación 42: Relación de voltajes en circuitos trifásicos conexión delta.....	36
Ecuación 43: Potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos conexión delta balanceada	37
Ecuación 44 Potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos conexión delta desbalanceada.....	37

RESUMEN

Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Autor: Alfredo Sixto Ayala Quintero.

Director de tesis: Ing. David Humberto Cárdenas Villacres. Msc.

Palabras clave: circuitos eléctricos, resistencia, inductores, capacitores, medición DC, medición AC, diseño.

El presente trabajo de tesis muestra el diseño y construcción de un banco de pruebas para el desarrollo experimental dentro del marco de los circuitos eléctricos, configurado por elementos activos y pasivos que incluyen fundamentos de la ingeniería eléctrica en corriente alterna y continua donde se elaboró veintitrés prácticas que sirvan como guía académica para el estudio de circuitos eléctricos. Las prácticas otorgarán datos reales de cada circuito simulado y no solo en software como antes se desarrollaba. El banco de pruebas posee equipos y componentes para formar circuitos eléctricos utilizando elementos eléctricos activos y pasivos, adicionalmente contiene un osciloscopio que facilitará el estudio de las ondas sinusoidales. Para determinar los parámetros eléctricos se implementaron dos medidores digitales DC para las mediciones en corriente continua, en el caso de corriente alterna se medirá con el analizador de red trifásico PM-700 que internamente está programado con un TC de 1000 a 1, sin excluir el multímetro como herramienta de medición.

ABSTRACT

Theme: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TEST BENCH FOR ELECTRIC CIRCUITS

Author: Alfredo Sixto Ayala Quintero.

Thesis director: Ing. David Humberto Cárdenas Villacres. Msc.

Keywords: electrical circuits, resistor, inductors, capacitors, DC measurement, measurement Ac, design, protocols.

This thesis shows the design and construction of a test bed for the experimental development within the framework of electrical circuits, configured for passive elements including fundamentals of electrical engineering at AC and DC where twenty three practices were developed to serve as an academic guide for the study of electrical circuits. Awarded actual data practices of each simulated circuit and not only developed software as before. The testbed has equipment and components to form circuits using passive and active electrical elements, additionally it contains an oscilloscope to facilitate the study of sine waves. To determine the electrical parameters two digital meters DC were implemented for measurements DC, in the case of alternating current is measured with the analyzer PM-700 network is internally programmed with a TC of 1000-1, not excluding the multimeter as a measurement tool.

INTRODUCCIÓN

La electricidad es una forma de energía que, a pesar de que su conocimiento y su dominio son relativamente recientes, se encuentra en todas las facetas y actividades de cualquier sociedad. La electricidad es la fuente básica para cualquier actividad ya sea en el campo industrial, empresarial y hasta nuestros propios hogares. En Ecuador el Plan Nacional del Buen Vivir como estrategia de desarrollo del país plantea la necesidad de cambiar la matriz energética, de ahí la necesidad social de estudiar el tema. A su vez es necesario pensar en solucionar problemas docentes asociados a las asignaturas del currículo, incluido el diseño y montaje de un banco de pruebas didáctico de circuitos eléctricos, equipado con resistores, inductores y capacitores en medición DC y AC. Ese tablero podrá estar centrado en dar solución a las prácticas de los estudiantes que al estar en funcionamiento se podrá variar el voltaje por la fuente continua o alterna, cambiar las cargas, armar circuitos en serie o paralelo con impedancias en las materias de circuitos I y II de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Es importante el implemento de este tipo de banco de pruebas en los laboratorios ya que no se cuenta con módulos de pruebas para circuitos eléctricos, facilitando el entendimiento y rápido aprendizaje de los estudiantes durante la clase. El propósito principal del diseño, construcción y la investigación de sustento teórico de un tablero didáctico, permitiendo manipular los diferentes elementos y observar detenidamente como es el funcionamiento de cada una de las secciones, conociendo una perspectiva de los voltajes y corrientes y manipulación de las cargas con elementos pasivos en serie o paralelo. De esta manera se dará un gran aporte a la institución y a la formación de los estudiantes ya que es un instrumento para la docencia.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROBLEMA

Siendo el punto de partida de la investigación las necesidades sociales planteadas en el Plan Nacional del Buen Vivir, así como las carencias en el plano de los medios para la docencia, resulta conveniente diseñar y construir un módulo de tablero eléctrico para laboratorio de circuitos eléctricos. Ello permitirá fortalecer la instrucción al estudiantado, generando circuitos de mayor complejidad formados en CA y CC reconociendo que esto influirá de forma directa en el desarrollo e investigación de la Universidad Politécnica Salesiana. Por lo tanto, el uso del banco de pruebas para circuitos eléctricos puede resolver cabalmente la forma de facilitar el entendimiento y rápido aprendizaje en los estudiantes. El problema se concentra en que la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil no cuenta con bancos de pruebas para circuitos eléctricos para la clase magistral del docente.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Por lo que la Universidad no cuenta con un banco de pruebas para circuitos eléctricos y para la clase magistral del docente y para de esta forma hacer dinámica la clase, encontrando como soporte la utilización del banco de pruebas por el docente, enseñando en forma práctica las conexiones durante la clase y mostrar un patrón de mediciones en cada punto en común. Al armar el circuito de la clase en el banco de pruebas se convertirá en un ejemplar indispensable para los estudiantes.

Con la realización de este proyecto se verá el reflejo de los conocimientos adquiridos mediante la universidad, Además se ilustra la importancia de tener un banco de pruebas en el laboratorio de circuitos eléctricos, para así poder realizar estudios y trabajos experimentales con elementos mayoritariamente prácticos y cuyos perfiles estén alineados a las industrias.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Construir un banco de pruebas sobre los circuitos eléctricos en CC y CA de forma experimental, utilizando un tablero de pruebas para circuitos eléctricos, parametrizado por elementos resistivos, inductivos y capacitivos, para la docencia en las asignaturas de Circuitos eléctricos I y II.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir un banco de pruebas para circuitos eléctricos que nos facilite el análisis en CC y CA.
- Analizar la aplicación de las leyes de los circuitos eléctricos en el módulo en elaboración.
- Realizar teoremas en el análisis de los circuitos
- Diseñar veintitrés prácticas demostrativas para el estudio y la aplicación de los circuitos eléctricos

1.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En la realización del trabajo se utilizó una variedad de métodos de investigación, como los métodos teóricos del análisis y la síntesis, inducción y deducción, histórico lógico. Igualmente se utilizaron métodos empíricos como la observación, la experimentación y el análisis documental. Todos ellos favorecen la obtención del banco de pruebas para circuitos eléctricos, ejerciendo su funcionamiento para mejor explicación de los análisis de los circuitos eléctricos en CC y CA.

CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1. RESISTOR

El resistor es un componente pasivo con dos terminales, el más elemental y generalizado en los circuitos eléctricos. La función de la resistencia eléctrica es oponerse al paso de la corriente en un circuito eléctrico. Su unidad de medida es el ohmio (Ω) y se la mide con el óhmetro, con los submúltiplos kilo-ohmio, y mega-ohmio.



Figura 1. Símbolo del resistor

Fuente El autor

Las resistencias con bandas de colores, se la decodifica como se muestra en la Fig.2, en este caso la resistencia presenta cuatro bandas de colores, numeradas primeramente de la banda más cercana a uno de los extremos del resistor. La 1ª banda y la 2ª banda constituyen las cifras significativas, la 3ª banda indica el factor multiplicador o número de ceros que se le añade a las cifras significativas y la 4ª banda indica la tolerancia dentro del cual el fabricante garantiza el valor de la resistencia.

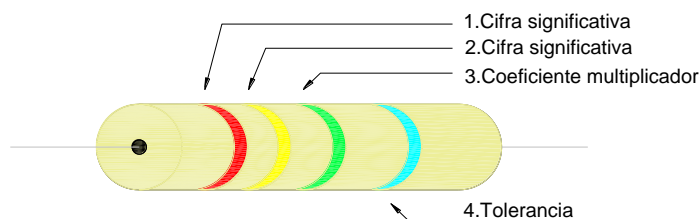


Figura 2. Ejemplo de resistencia eléctrica. Código de colores

Fuente El autor

Se demuestra con una resistencia dos términos muy comunes en los circuitos eléctricos como son: cortocircuito y circuito abierto. El cortocircuito ocurre al

puentear los dos extremos del resistor, provocando de este modo que su resistencia sea cero ohmios.

El circuito abierto es la ruptura de la conexión dentro del circuito eléctrico, ocurriendo que de un extremo haya voltaje, y del otro extremo no. Provocando que la resistencia absorba todo el voltaje y no permita el paso de la corriente, esto es equivalente a tener una resistencia infinita. Como se muestra en la Fig.3.

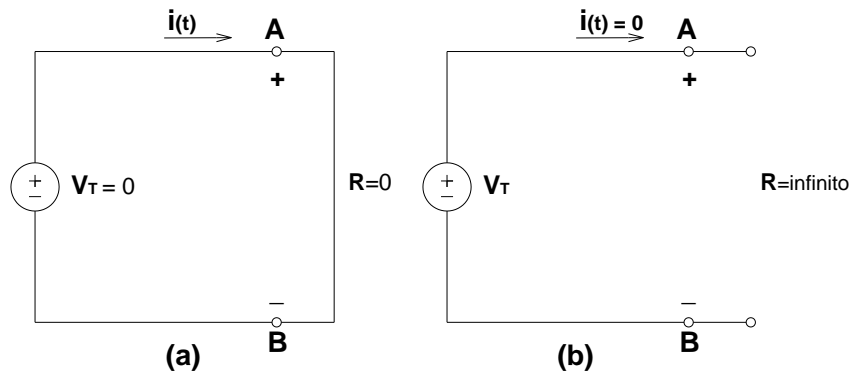


Figura 3. (a) Cortocircuito y (b) Circuito abierto

Fuente El autor

2.2. CAPACITOR

El capacitor es el elemento pasivo que almacena energía en forma de campo eléctrico, adquiridas por cargas eléctricas. El capacitor está formado por dos placas conductoras paralelas, separadas por un aislante o dieléctrico, que, al darle voltaje, cargas positivas y negativas se cargan entre las placas. La capacitancia es la capacidad máxima que almacena las placas (o conductor eléctrico), al ingresarle voltaje. Si el capacitor sobrepasa de su voltaje máximo, este explotara. Los capacitores más usados son los de tipo fijo con material electrolíticos, de película, poliéster, laminilla, cerámica, mica, sumergidos, y de aceite. Su unidad de medida es el Faraday (F) con los submúltiplos, microfaradio, nanofaradio, y picofaradio.

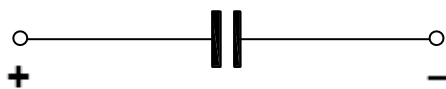


Figura 4. Símbolo del capacitor

Fuente El autor

2.3. INDUCTOR

El inductor es el componente pasivo que almacena energía en forma de campo magnético, produciendo una fuerza contra electromotriz sobre el inducido, está formado por un alambre enrollado en forma de cilindro. El inductor se opone a los cambios bruscos de corriente que circula en el circuito. Generando un voltaje de polaridad opuesta al de la fuente de alimentación, y este voltaje es proporcional al cambio de la corriente. Inductancia es la relación que se producirá, entre el flujo magnético y la intensidad de corriente eléctrica. Su unidad de medida es el Henrio (H) con el submúltiplo en milihenrios.



Figura 5. Símbolo del inductor

Fuente El autor

2.4. LEY DE OHM

La ley de Ohm es la relación que existe entre el voltaje, la resistencia y la corriente. Se deduce como la diferencia de potencial aplicado en los extremos de un conductor determinado, es proporcional a la intensidad de corriente que circula por dicho conductor. Donde el conductor determinado o factor de proporcionalidad es la resistencia eléctrica, que a medida que la resistencia aumenta la corriente disminuye. Los parámetros relacionados son: voltios (V), ohmios (Ω) y amperios (A).

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

Ecuación 1: Ley de ohm

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

donde:

I = intensidad o corriente eléctrica (A).

V = voltaje o diferencia de potencial (V).

R = resistencia eléctrica (Ω).

2.5. POTENCIA

La potencia eléctrica es la velocidad a la que se consume la energía. A la potencia se la relaciona con la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento pasivo en un tiempo determinado. La unidad de medida es el vatio (W), con los submúltiplos kilovatio (KW) y megavatio (MW),

$$P = V * I$$

Ecuación 2: Potencia eléctrica

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

2.6. LEYES DE CIRCUITOS

Las leyes de los circuitos eléctricos se fundamentan con las leyes de Kirchhoff, se muestra mediante la ley de conservación de energía y la carga en equilibrios de los circuitos eléctricos. Las cargas de iguales signo se rechazan mientras que las cargas diferentes signos se atraen. Y la ley de la conservación de la energía establece, que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

2.6.1. LEY DE CORRIENTES DE KIRCHHOFF

Ley de Corriente de Kirchhoff expresa que la suma de las corrientes que entran por un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen por ese nodo.

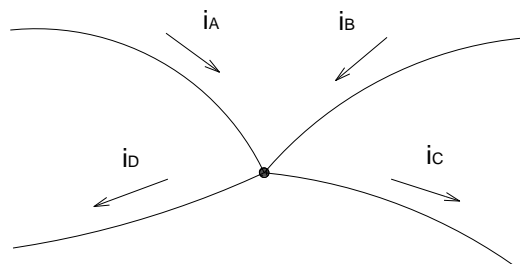


Figura 6. Nodo para ilustrar la aplicación de la ley de corriente de Kirchhoff

Fuente El autor

Considere el nodo de la Fig.6, la suma de las corrientes que entran y salen al nodo debe ser igual a cero

$$i_A + i_B + (-i_C) + (-i_D) = 0$$

Ecuación 3: Corrientes igual a cero

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

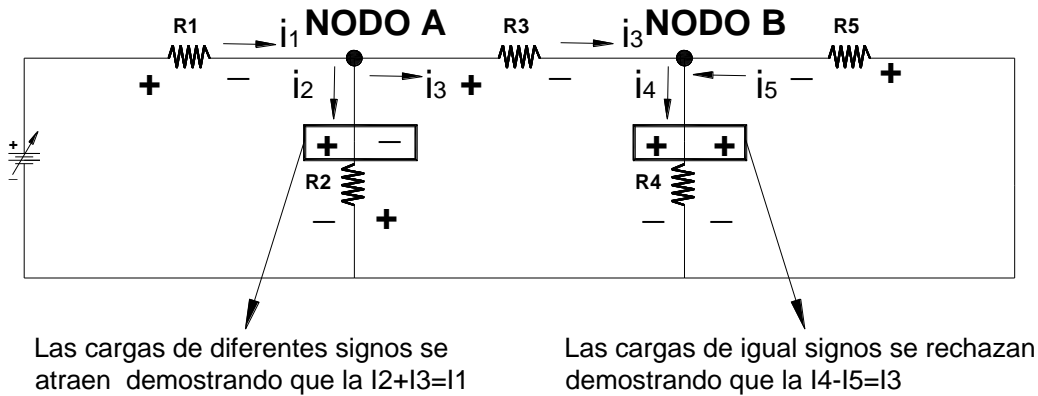


Figura 7. Ley de Kirchhoff y cargas eléctricas

Fuente El autor

2.6.2. LEY DE VOLTAJE DE KIRCHHOFF

Ley de voltaje de Kirchhoff expresa que la suma algebraica de todos los voltajes alrededor de una trayectoria cerrada o de un lazo es = 0

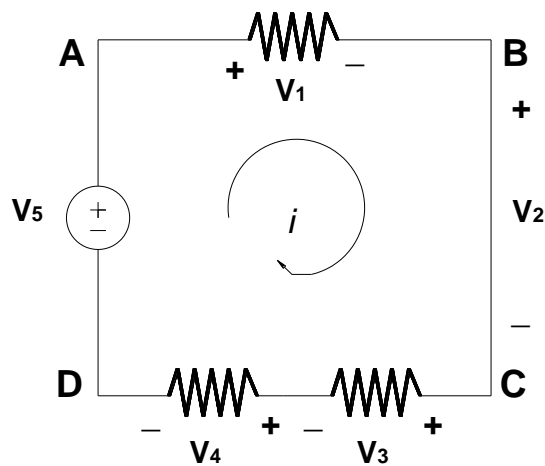


Figura 8. Circuito para ley de voltaje de Kirchhoff

Fuente El autor

La ec. 4, expresa la suma de los voltajes en un camino cerrado es =0.

$$-V5 + V1 + V2 + V3 + V4 = 0$$

Ecuación 4: Aplicación de la ley de voltaje de Kirchhoff

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

La ley de voltaje de Kirchhoff expresa la sumatoria de todas las tensiones es igual a 0, es decir, $V1+V2+V3...Vn=0$ alrededor de una trayectoria cerrada o lazo. La Fig.8 muestra los voltajes $V1, V2, V3, V4, V5$. Si aplicamos la ley de voltaje de Kirchhoff a través de esa trayectoria, en sentido horario se obtiene la ec. 4.

2.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS EN CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Se dividen en dos métodos sistemáticos como lo son el método de nodo y el método de malla, que permiten resolver los circuitos por ecuaciones en función de la corriente o voltaje, dando lugar a que estos métodos sean imprescindibles en la solución de circuitos.

2.7.1. ANÁLISIS DE NODOS

El análisis de nodo es un método para determinar las tensiones (diferencia de potencial) en un circuito eléctrico complejo, consiste en aplicar a cada nodo la ley de corrientes de Kirchhoff, como consecuencia queda aplicada la ley de voltaje de Kirchhoff. El nodo se crea donde haya la unión de dos o más ramas con corrientes. El supernodo se crean cuando haya una fuente de voltaje dependiente o independiente que este en medio de dos nodos, solo se puede aplicar con fuentes de voltajes, no con fuentes de corrientes y se le asigna un nodo de referencia o tierra al circuito, que generalmente es al que le llegan la mayor cantidad de ramas.

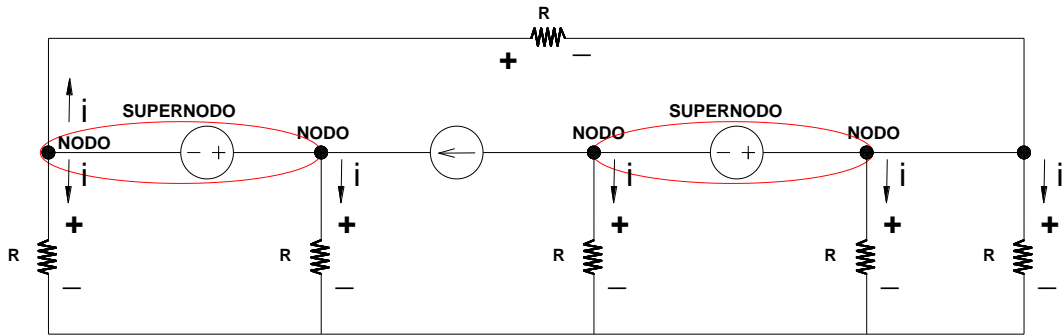


Figura 9. Nodo y supernodo

Fuente El autor

2.7.2. ANÁLISIS DE MALLAS

El análisis de malla es un método para determinar las corrientes en un circuito eléctrico complejo, la malla se crea cuando haya un camino cerrado en el circuito, con elementos activos y pasivos. Se utiliza la ley de voltajes de Kirchoff para calcular la corriente que circulan a través de la malla, y se define el sentido de corriente (i). El método de malla se aplica a circuitos planos, es decir cuando ninguna rama queda por arriba o por debajo de otra rama. La supermalla se crea cuando haya una fuente de corriente dependiente o independiente, que este en medio de dos mallas, solo se puede aplicar con fuentes de corriente, no con fuentes de voltaje.

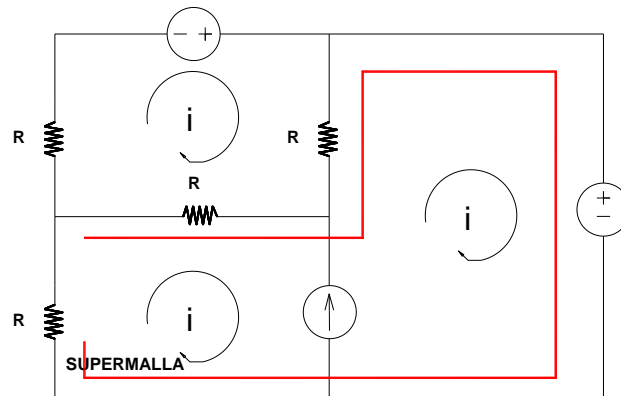


Figura 10. Circuito de malla

Fuente El autor

2.8. TEOREMA EN EL ANÁLISIS DE CIRCUITOS

2.8.1. TEOREMA DE SUPERPOSICIÓN

Es la demostración para resolver solo circuitos lineales y actúa al calcular la respuesta de cada elemento del circuito, sea con varias fuentes independientes de voltaje o de corriente, demostrando que la suma algebraica de la contribución de cada fuente, será igual al voltaje total. El teorema establece que, cuando se analice la fuente de voltaje independiente, las demás fuentes de corriente se reemplazarán como circuito abierto. y cuando se analice una sola fuente de corriente, las demás fuentes de voltaje se reemplazarán como cortocircuito.

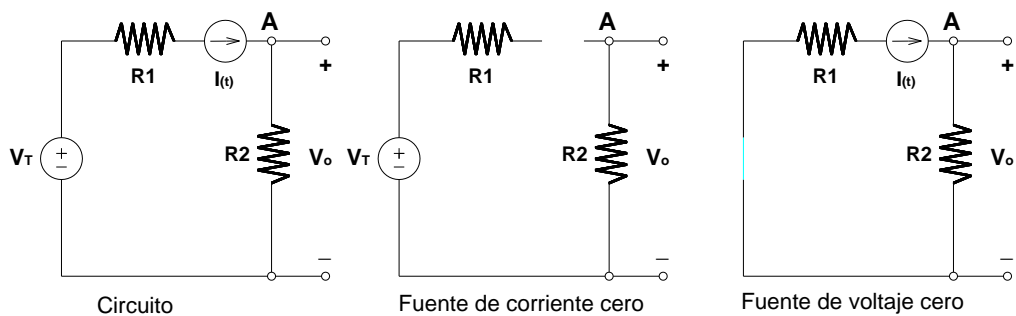


Figura 11. Circuito del teorema de superposición

Fuente El autor

2.8.2. TEOREMA DE SUSTITUCIÓN

El teorema de sustitución establece lo siguiente:

Su aplicación es para circuitos de corriente continua que como datos del circuito se tiene el voltaje y la corriente en un ramal, esta puede ser reemplazada por otro ramal combinando elementos que contengan los mismos voltajes y corrientes del ramal original.

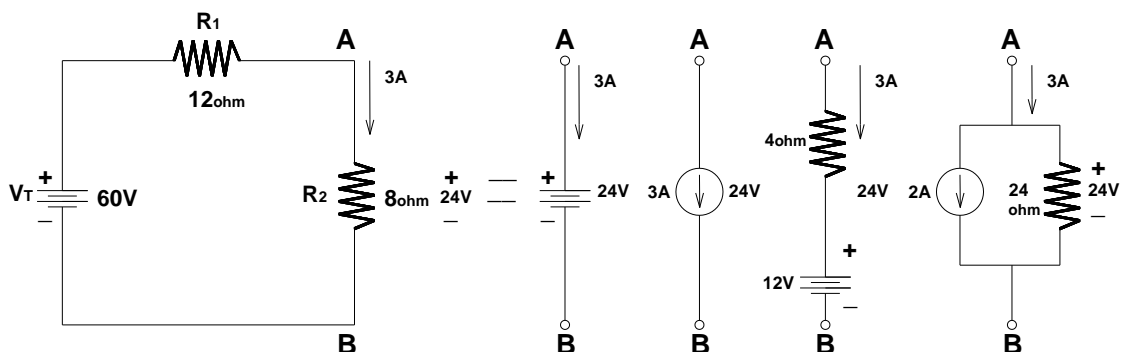


Figura 12. Teorema de sustitución y ramas equivalente entre los puntos A y B

Fuente El autor

2.8.3. TEOREMA DE MILLMANN

Para el circuito original encontrar un circuito equivalente, representado por una fuente de voltaje (V_M , voltaje Millmann) en serie con una resistencia (R_M , resistencia equivalente de Millmann). Su aplicación solo es para circuitos paralelos, en que cada rama contenga una fuente de tensión ideal en serie con elementos pasivos, el voltaje Millmann es igual a la sumatoria de cada rama transformada a fuente de corriente y dividida para la sumatoria inversa de cada resistencia.

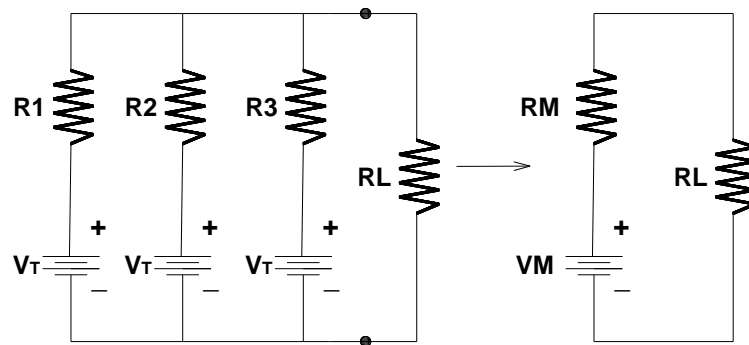


Figura 13. Teorema de Millmann

Fuente El autor

La expresión para el voltaje Millmann (V_M) es:

$$V_M = \frac{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3} + \dots + \frac{F_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Ecuación 5: Voltaje del teorema Millmann

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

Donde:

F_1 = Fuente 1

V_M = Voltaje Millmann

R_M = Resistencia Millmann

la resistencia Millmann se expresa como:

$$RM = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \dots + \frac{1}{Rn}}$$

Ecuación 6: Resistencia Millmann

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

2.8.4. TEOREMA DE THEVENIN

En un circuito lineal cuando se requiera el estudio de un ramal, este se lo puede separar del circuito para no tener que resolver el circuito completo cada vez que se modifiquen los elementos, haciendo más simple el cálculo de voltajes y corrientes, en el ramal que se desea analizar de un modo específico.

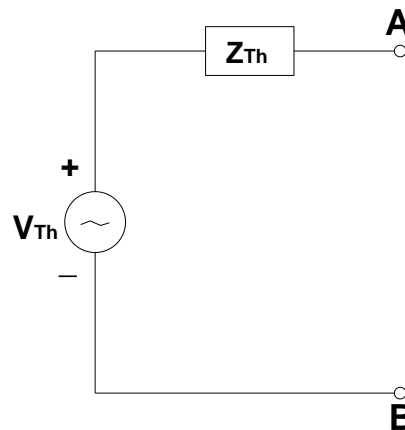


Figura 14. Circuito equivalente Thevenin

Fuente El autor

Donde:

V_{TH} = Voltaje de Thevenin

Z_{TH} = Resistencia de Thevenin

Del circuito original encontrar un circuito equivalente, representado por una fuente de voltaje (V_{TH} , voltaje Thevenin) en serie con una resistencia (R_{TH} , resistencia equivalente de Thevenin), el voltaje thevenin es igual a la suma de cada contribución de las fuentes sea de voltaje o corriente independiente (en el caso que el circuito tenga dos o más fuentes), que se obtiene entre los terminales AB al desconectar la carga y dejar el circuito abierto. La resistencia thevenin se obtiene asumiendo las fuentes de voltaje como cortocircuito y las fuentes de corrientes como circuito abierto.

2.8.5. TEOREMA DE NORTON

El teorema de norton expresa que se puede separar el ramal que se desea analizar, y resolver el circuito resultante posteriormente el ramal separado se lo reemplaza por una fuente de corriente y una impedancia.

Los circuitos equivalentes de norton y thévenin pueden determinarse uno a partir del otro utilizando la transformación de fuente que se muestra en la Fig.15.

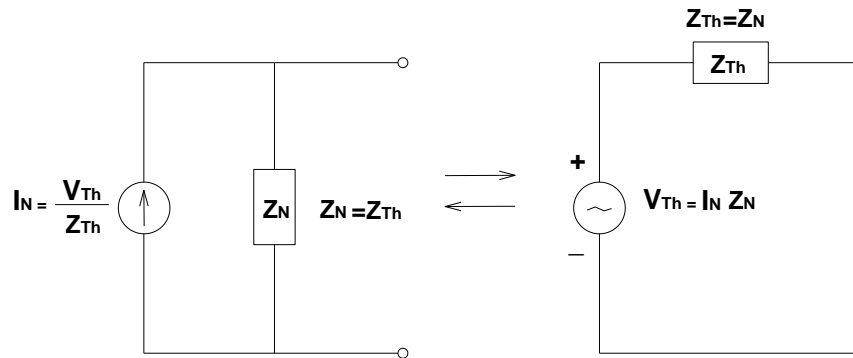


Figura 15. Conversión entre los Circuito equivalente Thevenin y Norton

Fuente El autor

La transformación de fuente se puede aplicar a cualquier circuito equivalente de thévenin o norton determinado, a partir de una red con cualquier combinación de fuentes independientes o dependientes, encontrando un circuito equivalente, representado por una fuente de corriente (I_N , Corriente Norton) en paralelo con una resistencia (R_N , resistencia equivalente de Norton), la corriente norton se la obtiene asumiendo un cortocircuito entre los puntos A y B. Y la resistencia norton se la encuentra asumiendo las fuentes de voltaje como cortocircuito y las fuentes de corrientes como circuito abierto.

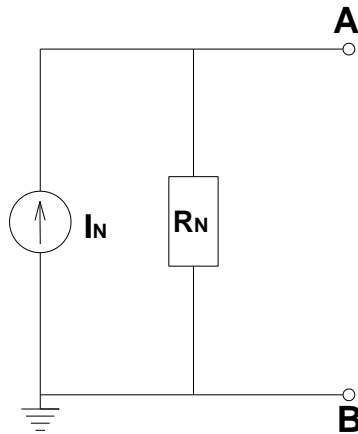


Figura 16. Circuito equivalente de Norton

Fuente El autor

Donde:

I_N = Corriente Norton

R_N = Resistencia de Norton

2.9. FASORES Y CORRIENTE ALTERNA

Un fasor es un numero complejo que lleva consigo asociado una magnitud y ángulo de fase. El fasor representando a la fuente sinusoidal tiene un comportamiento, de un vector giratorio en el eje vertical proyectándose a representar números que varían en forma sinusoidal. Expresado el voltaje y la corriente en forma polar se obtiene:

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \varphi) + jV_m \sin(\omega t + \varphi)$$

Ecuación 7: Dominio del tiempo. Voltaje

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi) + jI_m \sin(\omega t + \varphi)$$

Ecuación 8: Dominio del tiempo. Corriente

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

Si se analiza la identidad de Euler la podemos relacionar con el voltaje y la corriente en forma polar resulta que la parte real de las ec.7, y ec.8, se expresa como la parte real de una cantidad compleja.

$$v(t) = \{V_m e^{j(\omega t + \varphi)}\}$$

$$i(t) = \{I_m e^{j(\omega t + \varphi)}\}$$

Además, logrando una simplificación adicional del factor $j\omega t$ se obtiene

$$V = V_m e^{j\varphi}$$

$$I = I_m e^{j\varphi}$$

Una vez que se especifican I_m y φ el voltaje y la corriente se definen de manera exacta en forma polar

$$V = V_m \angle \varphi$$

Ecuación 9: Dominio de la frecuencia. Voltaje

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

$$I = I_m \angle \varphi$$

Ecuación 10: Dominio de la frecuencia. Corriente

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

Esta representación compleja abreviada es la representación fasorial; Un fasor es un número complejo y se escribe en negrita y en letra mayúscula solo para análisis eléctricos. Este análisis demostrado con las letras $i(t)$, $v(t)$ representan al dominio del tiempo, y las letras **I**, **V**, como una representación en el dominio de la frecuencia. Cabe recalcar que la representación en el dominio de la frecuencia expresa una señal sinusoidal mediante un fasor con el término $e^{j\omega t}$ que está implícitamente presente, es decir la frecuencia que está trabajando el sistema es constante entonces luego al analizar el circuito la respuesta va estar en función de la misma frecuencia constante y no va alterar el análisis matemático.

Donde:

$i(t), v(t)$ = representación dominio del tiempo

\mathbf{I}, \mathbf{V} = representación dominio de la frecuencia

ω = frecuencia angular

$e^{j\omega t}$ = frecuencia constante

V_m = voltaje máximo o voltaje pico en voltios

I_m = corriente máxima o corriente pico en amperios

φ = ángulo de fase

t = tiempo [s]

2.9.1. REPRESENTACIÓN FASORIAL DE LA RESISTENCIA

Para el caso del resistor la relación voltaje-corriente en el dominio del tiempo tiene la misma forma que la relación voltaje-corriente en el dominio de la frecuencia. Se encuentran en fase y el ángulo del voltaje-corriente son iguales.

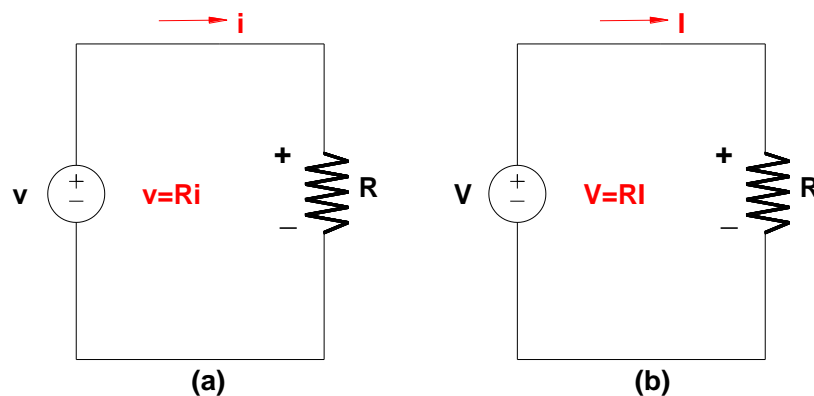


Figura 17. (a) Dominio del tiempo $v= Ri$ (b) Dominio de la frecuencia $V=RI$

Fuente: El autor

En el dominio del tiempo se define la ec.11., a partir de la Fig.17.

$$v(t) = Ri(t)$$

Ecuación 11: Dominio del tiempo. Resistencia

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

Con lo antes mencionado, se relaciona la forma polar de los fasores en corriente alterna y la identidad de Euler se obtiene el voltaje en el dominio de la frecuencia

$$V = RI_m e^{j(\omega t + \varphi)}$$

Simplificando para $j\omega t$, se obtiene:

$$V = RI_m e^{j\varphi}$$

expresado a coordenada polar

$$V = RI_m \angle \varphi$$

Ecuación 12: Dominio de la frecuencia. Resistencia

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

2.9.2. REPRESENTACIÓN FASORIAL DEL INDUCTOR

A diferencia del resistor en que el voltaje y la corriente estaban en fase. En el inductor el voltaje adelanta 90° a la corriente demostrando que el ángulo del factor $j\omega L$ es exactamente 90° la relación tensión-corriente del inductor, se deduce a partir de la Fig.18.

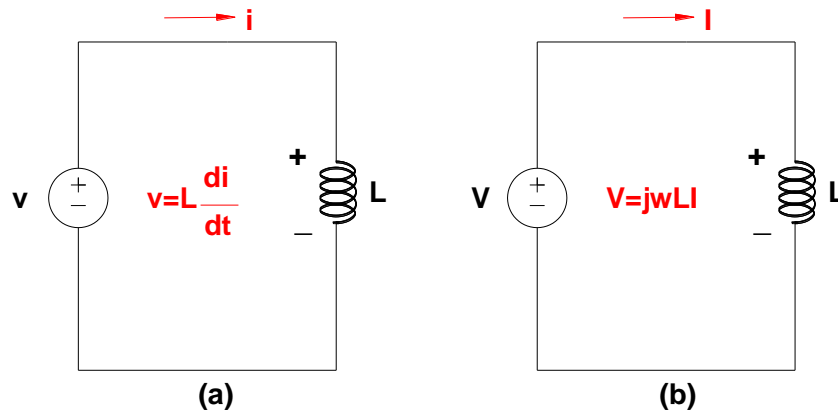


Figura 18. (a) Dominio del tiempo $v=L \frac{di}{dt}$ (b) Dominio de la frecuencia $V=j\omega LI$

Fuente: El autor

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

Ecuación 13: Dominio del tiempo. Inductor

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

Si relaciona la forma polar de los fasores en corriente alterna con la identidad de Euler a partir del dominio del tiempo se obtiene el voltaje del inductor en el dominio de la frecuencia

$$V = L \frac{d}{dt} I_m e^{j(\omega t + \varphi)}$$

luego derivando,

$$V = j\omega L I_m e^{j(\omega t + \varphi)}$$

Simplificando para $j\omega t$, se obtiene:

$$V = j\omega L I_m e^{j\varphi}$$

Entonces el voltaje del inductor es:

$$V = j\omega L I$$

Ecuación 14: Dominio de la frecuencia. Inductor

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

2.9.3. REPRESENTACIÓN FASORIAL DEL CAPACITOR

La relación voltaje-corriente del capacitor se observa en la Fig.19, este componente almacena un voltaje de acuerdo a su fabricación que en un circuito se va cargar y descargar periódicamente debido a que en la representación del dominio del tiempo se analiza la corriente en función del voltaje.

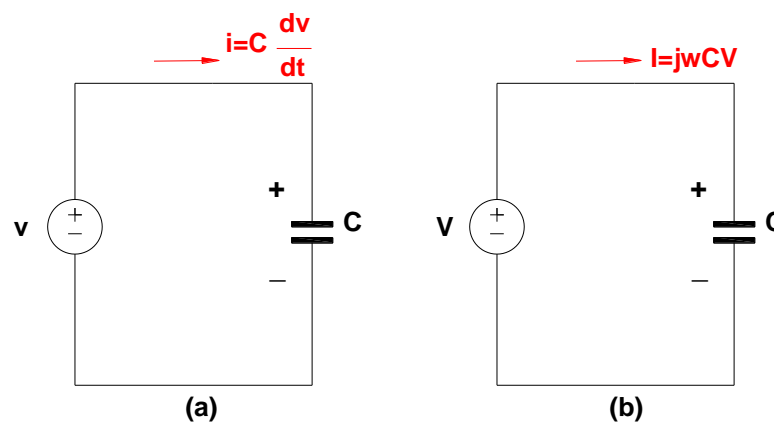


Figura 19. (a) Dominio del tiempo $i=C \, dv/dt$ (b) Dominio de la frecuencia $I=j\omega CV$

Fuente: El autor

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

Ecuación 15: Dominio del tiempo. Capacitor

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

Con lo antes mencionado, relacionando la forma polar de los fasores en corriente alterna y la identidad de Euler se muestra el análisis del capacitor.

$$I = C \frac{d}{dt} V_m e^{j(\omega t + \phi)}$$

luego derivando,

$$I = j\omega C V_m e^{j(\omega t + \phi)}$$

Simplificando para $j\omega t$, se obtiene:

$$I = j\omega C V_m e^{j\phi}$$

Corriente fasorial del capacitor

$$I = j\omega C V$$

Ecuación 16: Dominio de la frecuencia. Capacitor

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

2.10. ANÁLISIS DE POTENCIA EN CORRIENTE ALTERNA

2.10.1. POTENCIA ACTIVA

La potencia es la rapidez con la cual se transforma la energía eléctrica en trabajo o potencia útil, potencia real o verdadera que se emplea en la carga. Se la representa con la letra (P), su unidad de medida es el vatio (W).

$$P = V \cdot I$$

Ecuación 17: Potencia activa

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

o

$$P = I^2 * R = \frac{V^2}{R}$$

Ecuación 18: Potencia activa en función de la resistencia

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

Donde:

P= Potencia activa

V= Voltaje

I= Corriente

R= Resistencia eléctrica

2.10.2. POTENCIA REACTIVA

La potencia reactiva es la potencia consumida por los elementos reactivos de un circuito, es decir inductores y capacitores, no es una potencia útil ya que estos elementos reactivos almacenan potencia y la descargan periódicamente y como resultado no toda la potencia la transforma en trabajo, por esto es de tipo imaginario y no real. Se la representa con la letra (Q), y su unidad de medida es el Voltioamperios reactivos (VAR). También es la componente imaginaria del triángulo de potencias su función es medir la tasa de flujo de energía en las cargas capacitivas o inductivas.

$$Q = I^2 * XC$$

Ecuación 19: Potencia reactiva, carga capacitiva

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

Donde la reactancia capacitiva XC es:

$$XC = \frac{1}{\omega C}$$

Ecuación 20: Reactancia capacitiva

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

Para carga puramente inductiva se define:

$$Q = I^2 * XL$$

Ecuación 21: Potencia reactiva, carga inductiva

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

Donde la reactancia inductiva XL es:

$$XL = \omega L$$

Ecuación 22: Reactancia inductiva

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

En donde:

Q = Potencia reactiva

XC = Carga capacitiva

XL = Carga inductiva

I = Corriente

2.10.3. POTENCIA COMPLEJA

La potencia compleja es el producto del voltaje y la corriente, está compuesta por las variables complejas (P) representa la potencia real y (Q) representa la potencia reactiva. Es la expresión que demuestra las relaciones de los diferentes tipos de potencia en sistemas de corriente alterna, demostrando la suma vectorial de las potencias activa y reactiva, la potencia aparente, se la representa con la letra (S), y su unidad de medida es el voltamperio (VA).

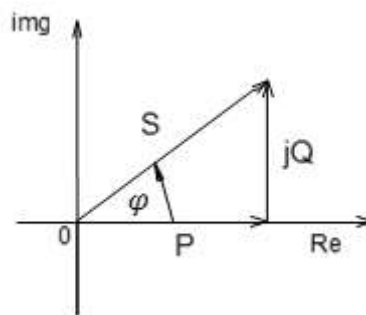


Figura 20. Triángulo de potencias

Fuente El autor

$$S = P + jQ$$

Ecuación 23: Potencia compleja

Fuente: Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007) Análisis de circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw-Hill

Donde:

P = Potencia activa [w]

jQ = Potencia reactiva [VAR]

S = Potencia aparente [VA]

φ = Angulo de la potencia aparente [°]

img = eje Y del plano cartesiano

Re = eje X del plano cartesiano

2.10.3.1. VALOR EFICAZ O RMS

Es la medición eficaz de un valor medio cuadrático en corriente alterna, que va tener el mismo efecto de disipación calorífica en corriente directa, por ejemplo; encontrar el valor medio cuadrático (rms) de la señal senoidal rectificada de onda completa de la Fig.21. Calcular el voltaje rms y la potencia rms, con una resistencia de 20Ω .

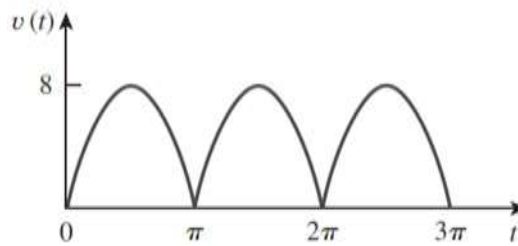


Figura 21. Para el ejemplo de potencia rms

Fuente: Alexander, CH., & Sadiku, M. (2000) Fundamentos de circuitos eléctricos. Santa Fe: Mc Graw-Hill

Respuesta: 5.657V, 5.334W.

Solución:

$$V_{rms} = 8 \times 0.707 = 5.657v.$$

$$I_{rms} = \frac{5.657v}{20\Omega} = 0.284Amp.$$

$$P_{rms} = V_{rms} \times I_{rms} = 1.600w.$$

2.10.4. FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia es la relación entre la potencia real y la potencia compleja que suministra el circuito, o también el coseno del ángulo que forma el voltaje y la corriente. El factor de potencia obtiene valores en el rango de 0 a 1 cuando toda la potencia es reactiva sin potencia real se la llama carga reactiva y el factor de potencia es 0, y cuando toda la potencia es la activa sin potencia reactiva se la llama carga resistiva y el factor de potencia es 1. El factor de potencia es igual a la potencia activa (P) en vatios (W), dividida por la potencia aparente (S) en voltamperio (VA).

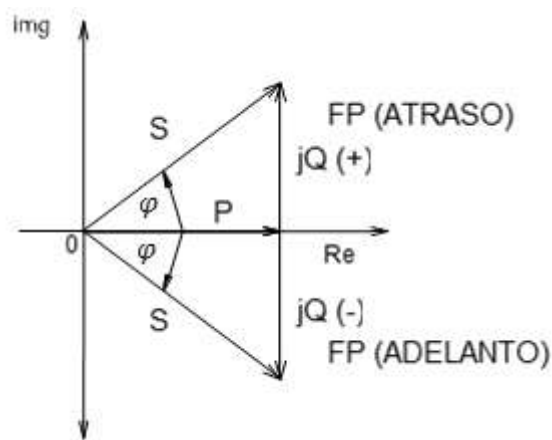


Figura 22. Triangulo del factor de potencia

Fuente El autor

$$FP = \frac{P}{S} = \cos(\varphi_{FP})$$

Ecuación 24: Factor de potencia

Fuente: Robbins, A., & Miller, W. (2007) Análisis de circuitos: teoría y práctica. México-Santa Fe: Cenage Learning

Donde:

P = Potencia activa

jQ (-) = Potencia reactiva (carga capacitiva), FP (atraso)

jQ (+) = Potencia reactiva (carga inductiva), FP (adelanto)

S = Potencia compleja

img = eje Y del plano cartesiano

Re = eje X del plano cartesiano

φ = Angulo del factor de potencia

2.10.4.1. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Con el objetivo de mejorar el rendimiento de las instalaciones eléctricas se logra satisfactoriamente la corrección del factor de potencia conectando condensadores en la instalación, de este modo se puede reducir la potencia reactiva inductiva e incluso anularla obteniendo un buen factor de potencia al final.

Se convierte básicamente en una relación de eficiencia si nosotros disminuimos la cantidad de potencia reactiva demandada del sistema eléctrico veremos que la potencia aparente se va ir pareciendo en magnitud cada vez más a nuestra potencia real, cuando estas son iguales decimos que tenemos un factor de potencia unitario. Con la corrección del factor de potencia se obtendrán los beneficios de eliminación de penalizaciones, aumento de capacidad de rendimiento en máquinas y equipos, reducción de pérdidas en conductores, compensación de las caídas de tensión, y larga vida útil de los equipos.

La corrección del factor de potencia la demostramos con un ejemplo:

Una carga está conectada a una línea de alimentación de 220V. y 60HZ, consume 12KW con un factor de potencia 0.78 en atraso. Calcular el capacitor que se requiere para corregir el fp. a 0.98.

La Fig.23, conciso (a) muestra las condiciones iniciales del sistema para luego llevar a corregir el factor de potencia al conciso (b).

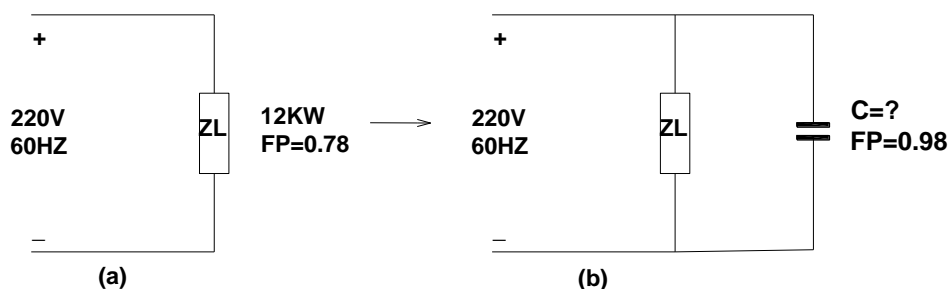


Figura 23. (a) Condición inicial del FP (b) Corrección del FP

Fuente: El autor

La Fig.24, muestra en forma fasorial la relación del triángulo de potencia con el factor de potencia.

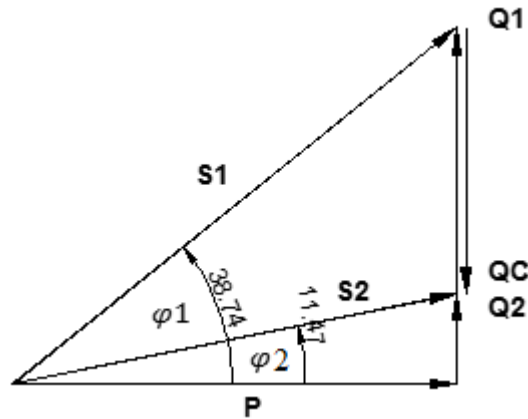


Figura 24. Triángulo de potencias para la corrección del FP

Fuente: El autor

Condición inicial:

$$FP = \cos \varphi_{1FP} \Rightarrow \varphi_{1FP} = \cos^{-1} 0.78 = 38.74^\circ$$

$$P = S1 \cos \varphi_{1FP} \Rightarrow S1 = \frac{P}{\cos \varphi_{1FP}} = \frac{12000W}{\cos 38.74^\circ} = 15384.74VA$$

$$Q1 = S1 \cdot \sin \varphi_{1FP} = 15384.74VA \cdot \sin 38.74^\circ = 9627.57VAR$$

Corrección del factor de potencia:

$$FP = \cos \varphi_{2FP} \Rightarrow \varphi_{2FP} = \cos^{-1} 0.98 = 11.47^\circ$$

$$P = S2 \cos \varphi_{2FP} \Rightarrow S2 = \frac{P}{\cos \varphi_{2FP}} = \frac{12000W}{\cos 11.47^\circ} = 12244.53VA$$

$$Q2 = S2 \cdot \sin \varphi_{2FP} = 12244.53VA \cdot \sin 11.47^\circ = 2434.88VAR$$

$$QC = Q1 - Q2$$

$$QC = 9627.57VAR - 2434.88VAR$$

$$QC = 7192.69VAR$$

Para que el factor de potencia sea 0.98 se debe conectar en paralelo capacitor del valor de:

$$C = \frac{QC}{W \cdot V_{RMS}} = \frac{7192.69VAR}{(2\pi 60HZ) \cdot (220)^2} = 394.19\mu f$$

2.11. ANÁLISIS TRANSITORIO DE CIRCUITOS

En todos los circuitos antes de que los parámetros de la red lleguen al estado estable, estos pasan por un estado transitorio durante un periodo mínimo en que los voltajes y corrientes varían en función del tiempo hasta llegar al estado estable requerido por las fuentes. A este periodo mínimo se le llama estado transitorio.

El análisis transitorio tiene una respuesta exponencial en función del tiempo, correspondiente a la corriente y voltaje que existen cuando se libera la energía almacenada de elementos de reactancias en circuitos.

2.11.1. ANÁLISIS TRANSITORIO DE CIRCUITOS RC Y RL

Es el estudio a los elementos que almacenan energía sea un condensador o inductor, pero no ambos. Se debe tener en cuenta que para n condensadores o inductores en paralelo o serie se podrá encontrar la reactancia capacitancia o inductivo equivalente en análisis transitorios.

2.11.1.1. TRANSITORIO DE CIRCUITOS RC EN CUALQUIER INSTANTE DE TIEMPO

El análisis del capacitor se realiza al encontrar la tensión justo antes de accionar el interruptor ($t = < 0$), ver Fig. 25, el voltaje seguirá siendo el mismo en el instante justo después de accionar el interruptor ($t = > 0$). El estado transitorio del circuito se analiza ejerciendo control con un interruptor en los tiempos de carga y descarga del capacitor.

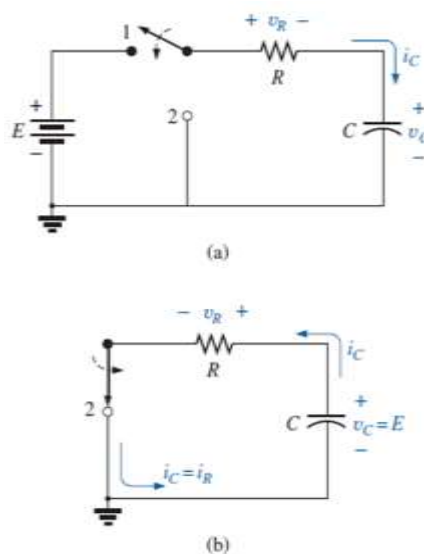


Figura 25. (a) Red en fase de carga; (b) Configuración en fase de descarga

Fuente: Boylestad, R. (2011) Introducción al análisis de circuitos. México: Pearson Educación

En la Fig.25(a), se muestra el interruptor para controlar la descarga del capacitor con el interruptor en la posición 1, se tiene cargado el capacitor. en la posición 2, el capacitor tiende a descargarse a través del circuito resultante mostrado en la Fig.25(b), luego del capacitor sale una corriente contraria al del conciso (a) Fig. 25 y se observa que el voltaje del capacitor es igual al voltaje en la resistencia en un principio la corriente salta a un valor relativamente alto; luego comienza a reducirse, disminuye con el tiempo porque la carga está desapareciendo de las placas del capacitor, a su vez se reduce V_C , i_C y V_R .

$$V_C = V e^{-t/T}$$

Ecuación 25: Voltaje del capacitor

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

Para la corriente en cualquier instante de tiempo de RC

$$i_C = \frac{V}{R} e^{-t/T}$$

Ecuación 26: Corriente del capacitor

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

2.11.1.2. TRANSITORIO DE CIRCUITOS RL EN CUALQUIER INSTANTE DE TIEMPO

En los circuitos RL, el inductor almacena energía en forma de un campo magnético establecido por la corriente a través de la bobina, y no puede continuar almacenando energía porque la ausencia de una trayectoria cerrada (porque tiene una bobina su energía se disipa en el inducido) provoca que la corriente se reduzca a cero, y la energía automáticamente se libera en forma de campo magnético.

El análisis se deduce al encontrar la corriente para el inductor justo antes de accionar el interruptor ($t = < 0$), la corriente seguirá siendo la misma para el instante justo después de accionar el interruptor ($t = > 0$).

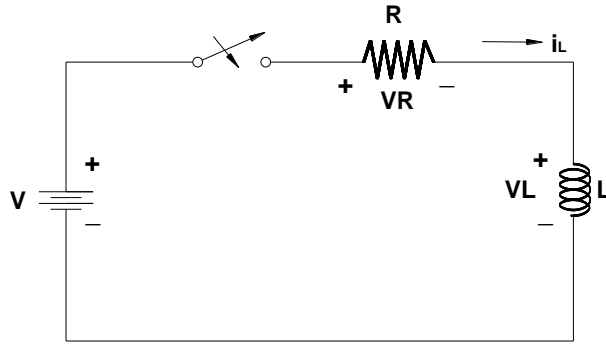


Figura 26. Fase de almacenamiento de energía en el inductor

Fuente: El autor

$$V_L = -Ve^{-t/T}$$

Ecuación 27: Voltaje del inductor

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

Para la corriente en cualquier instante de tiempo de RL

$$I = \frac{V}{R}e^{-t/T}$$

Ecuación 28: Corriente del inductor

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

Donde:

τ = Constante de tiempo del inductor (L/R), y del capacitor (R·C)

V_C = Voltaje del capacitor

V_L = Voltaje del inductor

I = Corriente del circuito

R = Resistor

L = Inductor

C = Capacitor

e = Exponencial

t = Tiempo

2.11.2. ANÁLISIS TRANSITORIO DE CIRCUITOS RLC

Los circuitos rlc son los que están formados por resistores, capacitores e inductores, que para realizar el estudio transitorio no se reducen a uno equivalente dada las condiciones iniciales de voltaje y corriente exponencialmente en función del tiempo, el circuito se resuelve reemplazando los capacitores como circuito abierto, luego los inductores como cortocircuito. Para este análisis transitorio se emplea la frecuencia neperiana o llamada coeficiente de amortiguamiento exponencial (α), y la frecuencia de resonancia (ω). sea el circuito en serie o paralelo se clasifican en tres tipos:

Circuito Sobreamortiguado se le llama así cuando al calcular el coeficiente de amortiguamiento es mayor a la frecuencia de resonancia ($\alpha > \omega$)

$$V = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$

Ecuación 29: Respuesta sobreamortiguada

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

Circuito Subamortiguado este tipo de circuito ocurre cuando al calcular el coeficiente de amortiguamiento se iguala a la frecuencia de resonancia ($\alpha = \omega$)

$$V = A_1 e^{-\alpha t} \cos \omega_d t + A_2 e^{-\alpha t} \sin \omega_d t$$

Ecuación 30: Respuesta subamortiguada

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

Circuito Críticamente amortiguado es ocasionado cuando al calcular el coeficiente de amortiguamiento es menor a la frecuencia de resonancia ($\alpha < \omega$)

$$V = A_1 t e^{-\alpha t} + A_2 e^{-\alpha t}$$

Ecuación 31: Respuesta críticamente amortiguada

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

donde los valores de s_1 y s_2 para el circuito Sobreamortiguado se obtienen con la ecuación:

$$s_{1,2} = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega^2}$$

Ecuación 32: Formula cuadrática relacionada a circuitos transitorios RLC

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

Para determinar identificar el tipo de circuito que se está analizando. Se muestra la ecuación del coeficiente de amortiguamiento, la frecuencia de resonancia y la frecuencia natural se la obtiene así:

$$\alpha = \frac{1}{2RC}$$

Ecuación 33: Frecuencia neperiana

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Ecuación 34: Frecuencia de resonancia

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

$$\sqrt{\alpha^2 - \omega^2}$$

Ecuación 35: Frecuencia de resonancia natural

Fuente: Fraile, J. (2012) Circuitos Eléctricos. Madrid: Pearson Educación S.A.

2.12. CIRCUITOS TRIFASICOS

La construcción de un generador contiene tres ejes de devanados alrededor del rotor, de igual amplitud y desplazados a 120°. Al rotar el estator induce un voltaje senoidal en cada eje de los devanados, por esta razón producen tres fases considerando que cada devanado representa una fase del generador.

En los circuitos trifásicos se observan a la secuencia como se muestra en la Fig. 27 que los voltajes trifásicos salen ordenadamente tomando como referencia un punto de origen, luego estos voltajes llegan a sus valores pico respecto al tiempo.

Demostración grafica de las fases del generador

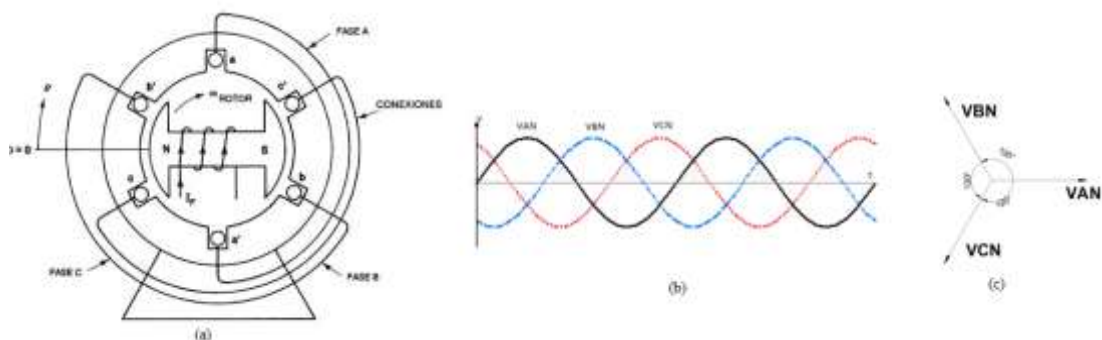


Figura 27. (a) Generador básico de tres fases. (b) Ondas de voltajes. (c) Voltajes en fasores

Fuente: (a) Enríquez, G. H. (2004). El libro practico de los generadores, transformadores y motores eléctricos.

México: Limusa. (b), (c) El autor

2.12.1. SECUENCIA DE FASE POSITIVA

En el plano cartesiano se muestra la secuencia de un circuito trifásico que trabajan tres líneas llamadas V_{an} , V_{bn} , y V_{cn} , representadas como la fase positiva.

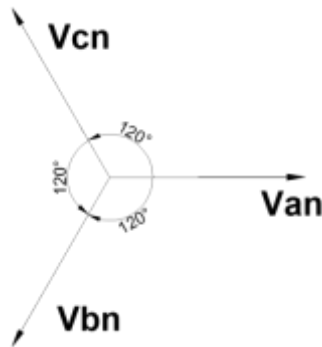


Figura 28. Secuencia positiva o abc

Fuente: El autor

Se observa que los voltajes trifásicos están desfasados 120° entre líneas, en sentido horario se observa que el voltaje V_{cn} tiene un desfase de -240° .

$$\begin{aligned}V_{an} &= V_p \angle 0^\circ \\V_{bn} &= V_p \angle -120^\circ \\V_{cn} &= V_p \angle +120^\circ\end{aligned}$$

Ecuación 36: Secuencia positiva o abc

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: Mc Graw-Hill.

en donde:

V_p es la magnitud del voltaje

n es el neutro

2.12.2. SECUENCIA DE FASE NEGATIVA

La secuencia negativa se demuestra en circuitos trifásicos donde existen tres líneas en el siguiente orden de voltajes VAN, VCN, y VBN estos voltajes están desfasados entre si 120° como se observa en la Fig. 29.

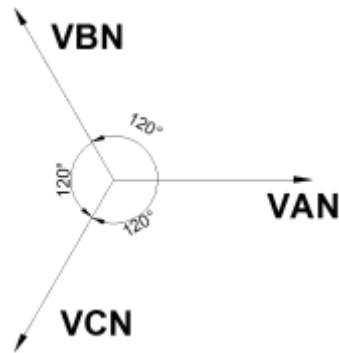


Figura 29. Secuencia negativa o acb

Fuente: El autor

$$VAN = Vp \angle 0^\circ$$

$$VCN = Vp \angle 120^\circ$$

$$VBN = Vp \angle -120^\circ$$

Ecuación 37: Secuencia negativa o acb

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: Mc Graw-Hill.

En los circuitos trifásicos las conexiones se pueden dar en dos tipos:

1. conexión estrella
2. conexión delta

2.12.3. CONEXIÓN ESTRELLA

Un sistema trifásico Y-Y es cuando el generador y la carga tiene conexión Y, con cargas balanceadas o desbalanceadas. En teoría la impedancia del neutro no tiene importancia o efecto si el sistema es balanceado. Esta conexión consta de tres hilos más el neutro, se la usa para la transmisión de energía a larga distancia, sus características son que sus tres impedancias contienen la misma magnitud y desplazamiento, caso contrario el sistema se constituye desbalanceado.

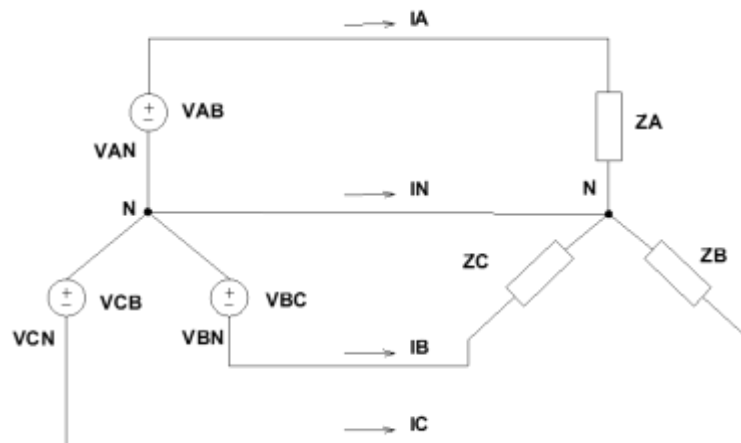


Figura 30. Circuito trifásico conexión estrella

Fuente: El autor

Los voltajes VAB, VBC, y VCB son los voltajes entre línea y línea del generador trifásico, los voltajes VAN, VBN, y VCN son los voltajes en la carga, llamados voltajes línea neutro.

2.12.3.1. ANÁLISIS DE CORRIENTES:

Las corrientes de fase son iguales a las corrientes de línea, como se muestra en la Fig. 30 en que las corrientes IA, IB, IC salen de la fase, llegan a la carga donde se observa que las corrientes de línea son iguales a las de fase, y la corriente del neutro es igual a la suma fasorial de las corrientes de fase.

$$IA + IB + IC = IN$$

Ecuación 38: Corriente en el neutro o resultante

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: Mc Graw-Hill.

2.12.3.2. ANÁLISIS DE VOLTAJES:

En la configuración estrella los voltajes de fase son diferentes a los voltajes de línea, siendo que VAN, VBN, VCN son los voltajes de fase en la carga tiene una relación de ($\sqrt{3}$) con los voltajes de línea como se muestra en la su ec. 39.

$$V_L = \sqrt{3} V_F \rightarrow V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

Ecuación 39: Relación de voltajes en circuitos trifásicos conexión estrella

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: Mc Graw-Hill.

2.12.3.3. ANÁLISIS DE POTENCIA:

Las potencias en cargas trifásicas balanceadas conexión estrella sea la secuencia positiva o negativa sus ecuaciones se muestran por el cálculo de la potencia activa, reactiva, y aparente.

$$P = 3V_F I_F \cos \varphi = \frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L \cos \varphi = \sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi$$

$$Q = 3V_F I_F \sin \varphi = \sqrt{3} V_L I_L \sin \varphi$$

$$S = 3V_F I_F = \sqrt{3} V_L I_L$$

Ecuación 40: Potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos conexión estrella balanceada

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: Mc Graw-Hill.

En caso que la carga sea desbalanceada la ecuación 40 no se aplica. Se debe calcular las potencias activas, reactiva, y aparente independiente en cada carga, y si se desea la potencia total del sistema ya sea la activa, reactiva, y aparente se realizará la suma de cada potencia independiente de cada carga.

$$P = V_F I_F \cos \varphi$$

$$Q = V_F I_F \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Ecuación 41 Potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos conexión estrella desbalanceada

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: Mc Graw-Hill.

2.12.4. CONEXIÓN DELTA

La configuración delta es cuando se tiene la fuente de generación y la carga en conexión delta sea la carga balanceada o desbalanceada, este sistema es de tres hilos en que el neutro está ausente y se la usa para larga transmisión de energía.

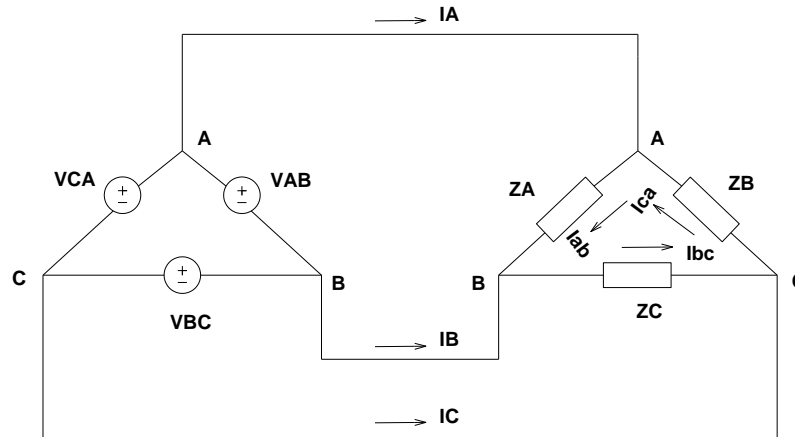


Figura 31. Circuito trifásico conexión delta

Fuente: El autor

2.12.4.1. ANÁLISIS DE CORRIENTES:

En la fig. 31 se observa que las corrientes I_A , I_B , I_C , son las que fluyen del generador trifásico conexión delta y se las llama corrientes de línea, tienen una relación de $\sqrt{3}$ con las corrientes que se crean en la carga conectada en delta, llamadas corrientes de fase I_{ab} , I_{bc} , I_{ca} . Y se expresa como:

$$I_L = \sqrt{3}I_F \rightarrow I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

Ecuación 42: Relación de voltajes en circuitos trifásicos conexión delta

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: McGraw-Hill.

2.12.4.2. ANÁLISIS DE VOLTAJES:

La Fig. 31, se observa que los voltajes V_{AB} , V_{BC} , V_{CA} en el generador de los puntos ABC están en paralelo con los puntos de la carga, es decir que los voltajes de la carga son iguales a los voltajes del generador $V_L=V_F$.

2.12.4.3. ANÁLISIS DE POTENCIA:

Las potencias en cargas trifásicas balanceadas conexión delta sea la secuencia positiva o negativa se muestra por las siguientes ecuaciones que se emplean en circuitos eléctricos.

$$P = 3V_F I_F \cos \varphi = 3V_L \frac{I_L}{\sqrt{3}} \cos \varphi = \sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi$$

$$Q = 3V_F I_F \sin \varphi = \sqrt{3} V_L I_L \sin \varphi$$

$$S = 3V_F I_F = \sqrt{3} V_L I_L$$

Ecuación 43: Potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos conexión delta balanceada

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: Mc Graw-Hill.

Si la carga es desbalanceada la ecuación 43 no se aplica. Sino que las potencias activas, reactiva, y aparente se las calcula independiente en cada carga, y si se desea la potencia total del sistema ya sea la activa, reactiva, y aparente se realizará la suma de cada potencia independiente de cada carga.

$$P = V_F I_F \cos \varphi$$

$$Q = V_F I_F \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Ecuación 44 Potencia activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos conexión delta desbalanceada

Fuente: Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México: Mc Graw-Hill.

CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS

3.1. LINEAMIENTOS A SEGUIR PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS

La secuencia realizada para la construcción del banco de pruebas para circuitos eléctricos es la siguiente:

3.2. DISEÑO DEL PROYECTO.

Se utilizará el software CAD (Computer Aided Design) para crear el diseño en las medidas (1.22m de alto x 2.20m de ancho), que son las medidas de la plancha metálica, se trabajará para que tenga simetría cada módulo resistivo, inductivo y capacitivo del diseño que estará en la fachada del tablero. Tomar las medidas de cada equipo y elemento a instalar en el tablero tales como: disyuntores, bases porta fusibles, bornes (jacks), analizador de red, variador de voltaje (variac), medidor DC.

Es importante, acotar que la distancia entre el borne y la porta fusibles es de 5 cm para que al montaje de estos no se topen.

Se escogerá el color rojo para la fase R y los módulos de carga resistivos, el color azul para la fase S y los módulos de carga capacitivos, el color negro para la fase T, las fuentes DC y las cargas trifásicas balanceadas, y el color blanco para el conductor neutro y los módulos de carga inductivos.

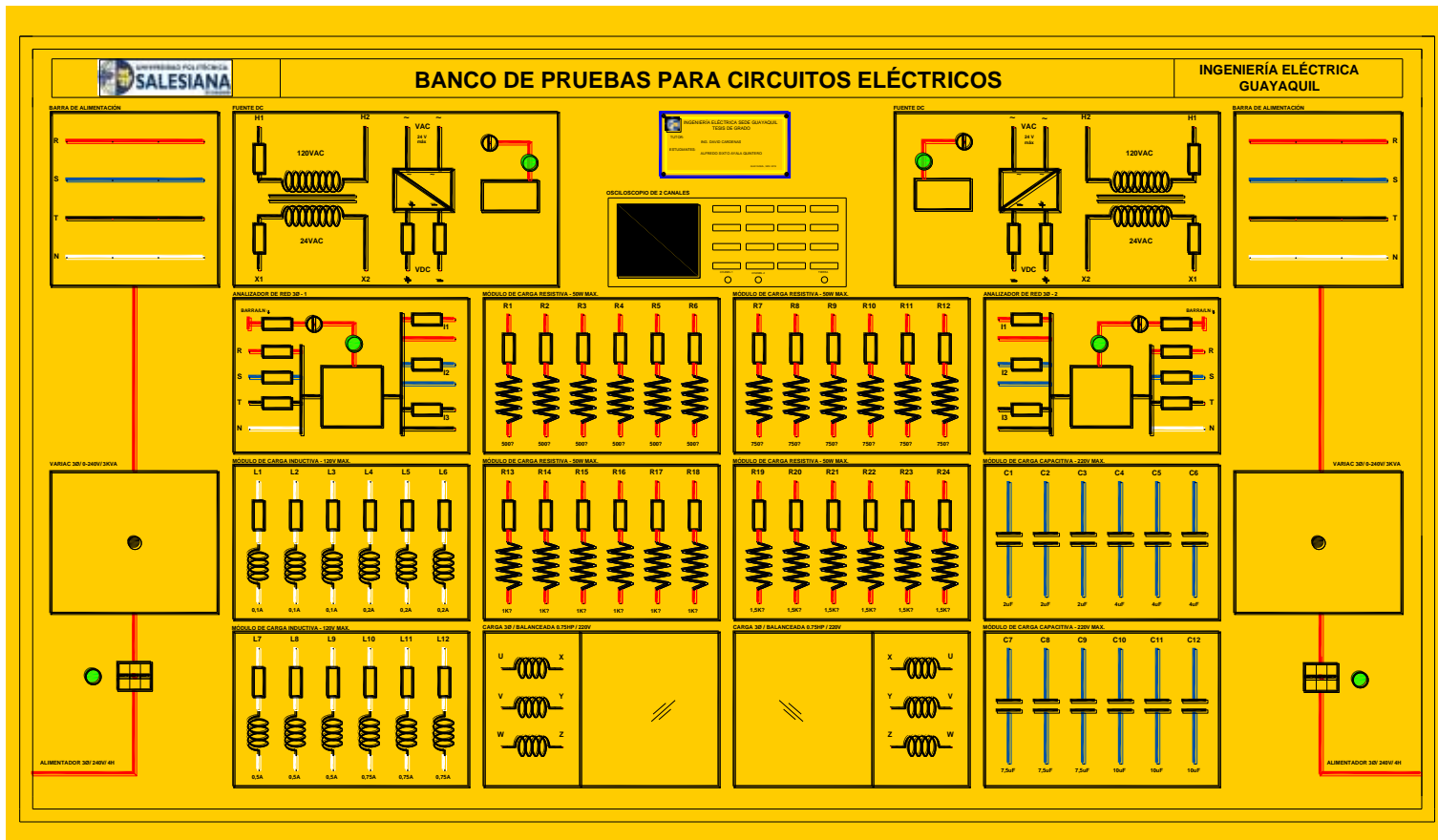


Figura 32. Diseño del proyecto

Fuente: El autor

3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.

Para la estructura se utilizará un tubo cuadrado de hierro galvanizado de 2 1/2" X 2/8" de espesor, se la construirá robusta para equilibrar todo el peso de los equipos que estarán montado en la plancha metálica (3mm de grosor), la estructura contiene dos soportes para todos los elementos eléctricos pasivos.

La estructura estará sujeta con tornillos a la plancha metálica y a su vez con la mesa, cada variac tendrá un soporte de tubo galvanizado soldado a la estructura de cada lado del tablero, los rectificadores, los transformadores, los capacitores, los inductores y los motores están ubicados en la parte de atrás sobre el 1er y 2do soporte. De igual forma las resistencias a diferencia que estas están sobre láminas de aluminio para lograr una mejor disipación del calor.



Figura 33. Construcción de la estructura metálica

Fuente: El autor



Figura 34. Construcción de la estructura de la mesa

Fuente: El autor



Figura 35. Construcción de la mesa

Fuente: El autor

3.4. CONSTRUCCIÓN DE LA PLANCHA METÁLICA GALVANIZADA.

Se utilizará una plancha metálica galvanizada de 3 mm de grosor sus medidas son 1.22m de alto por 2.20 de ancho, luego se soldará un marco alrededor de la plancha para encajar con la estructura. El diseño se lo imprimirá en material de lona para que sirva como plantilla sobre la plancha metálica y de esta forma se irán perforando donde estarán los bornes, e ir calando donde estarán; los porta fusibles, medidor DC, analizador de red, los motores y el osciloscopio. Luego de tener simetría y exactitud de precisión en las perforaciones y el calado se procederá a pintar al horno la plancha metálica.



Figura 36. Calados y perforaciones luces piloto, portafusibles, y osciloscopio

Fuente: El autor



Figura 37. Calados y perforaciones en la plancha metálica

Fuente: El autor

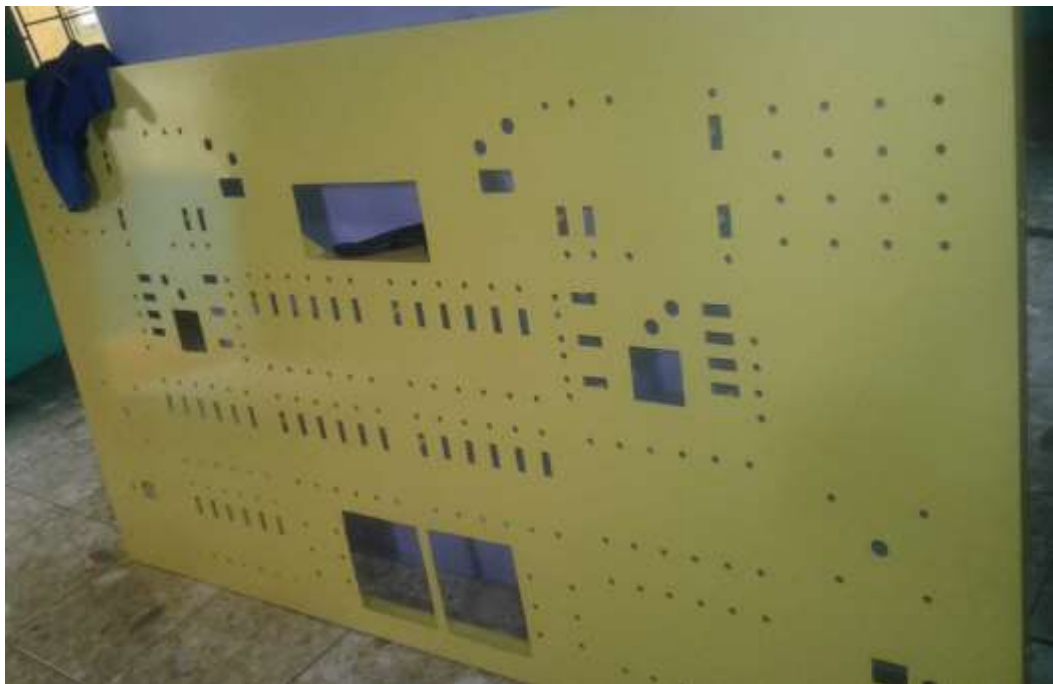


Figura 38. Plancha metálica pintada

Fuente: El autor

3.5. MONTAJE DEL VINIL EN LA PLANCHA METÁLICA

El proceso de ubicación del vinil, se empezará por limpiar la superficie de polvo, pelusas, pintas de basura, etc., evitando dobleces, rayado o deformaciones. La aplicación del vinil se la realizara en húmedo que es la técnica de adhesiva recomendada para grandes superficies de vinil, esparciendo con un pulverizador agua mezclada con jabón líquido. Luego se removienddo la superficie en el lugar adecuado de las perforaciones y calado, y con una espátula se eliminará las burbujas de agua sobrante, como se muestra en la Fig.39.



Figura 39. Aplicación adhesiva del vinil

Fuente: El autor



Figura 40. Vista lateral derecha del montaje del vinil

Fuente: El autor



Figura 41. Vista lateral izquierda del montaje del vinil

Fuente: El autor

3.6. MONTAJE DE EQUIPOS Y ELEMENTOS AL TABLERO

Se colocará cada equipo en el lugar específico para el correcto funcionamiento, y se utilizará las herramientas necesarias con el aislamiento apropiado para asegurar los equipos, tomando en cuenta las medidas de seguridad para disminuir el riesgo de accidentes. Cada fuente y los equipos estarán separados claramente por identificadores con etiquetas con el objetivo de evitar operaciones equivocadas que pueden provocar accidentes.



Figura 42. Montaje de las borneras, medidor DC y los portafusibles

Fuente: El autor



Figura 43. Montaje de equipos y elementos. Vista posterior

Fuente: El autor



Figura 44. Montaje de equipos y elementos. Vista frontal

Fuente: El autor

3.7. CONEXIÓN Y CABLEADO INTERNO DE LOS EQUIPOS Y ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS.

Las conexión y derivaciones de conductores se efectuará por medio de borneras, en las uniones se soldará (utilizando soldadura de estaño y cautín) asegurando una conductividad eléctrica igual a del conductor original. Se utilizará terminales para conectar todos los equipos y elementos.

Se utilizará 150 metros de cable #14, 15 metros de cable #10, riel Din, terminales, uniones, canaleta, amarras, espiral, conectores trifásicos sobrepuestos de 32Amp y cable concéntrico.



Figura 45. Cableado del tablero

Fuente: El autor

3.8. INVENTARIO DE MATERIALES Y EQUIPOS QUE COMPONEN EL BANCO DE PRUEBAS

El Banco de Pruebas para Circuitos Eléctricos estará conformado por:

CANTIDAD	MATERIALES Y EQUIPOS
1	Plancha metálica
1	Estructura metálica
1	Soporte o mesa
176	Bornera Aisladas 4mm
2	Variac trifásico de 3KVA. 0-230V.
2	Breaker trifásico 3P-10A. para riel Din (Schneider)
6	luz piloto 120V. color rojo (Camsco)
2	Transformadores 250VA. 120V.-12V. (Schneider)
2	Rectificador AC/DC 25A. tipo puente
58	Parta fusibles 23A. para riel Din. (Camsco)
4	Selectores (2 posición on-off). (Camsco)
2	Medidor de fuente DC. digital
2	Analizador de red trifásica (PM700) (Schneider)
12	Inductores (0.1A,0.2A, 0.5A,0.75A).
1	Osciloscopio de 2 canales (National Instruments)
24	Resistencias 50W en la gama 500k Ω , 750 Ω , 1k Ω , 1.5K Ω
2	Motor 1 ϕ 3/4HP. (Siemens)
12	Capacitores 370VAC. de: 2uf, 4uf, 7.5uf, 10uf

Tabla 1. Inventario del banco de pruebas

3.9. PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS.

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Pago de tutorías universitarias	1	549.01	549.01
Resistencias 50W en la gama 500K Ω , 1K Ω	12	16.83	201.96
Inductores (0.75Amp)	3	28.25	84.75
Capacitores 370VAC. de: 10uf	3	1.8	5.4
Medidor de fuente DC. digital	2	30	60
Cable flexible #10 multihilo color: rojo [mts]	15	0.67	10.05
Cable flexible #14 multihilo color: amarillo [mts]	100	0.39	39
Toma sobrepuesta 32Amp (Legrand)	1	22	22
Luz piloto 120V. color: rojo (Camsco)	4	3.9	15.6
Selectores (2 posición on-off). (Camsco)	2	5	10
Fusible 10x38 de 6 Amp (Camsco)	8	0.8	6.4
Fusible 10x38 de 4 Amp (Camsco)	14	0.8	11.2
Fusible 10x38 de 1 Amp (Camsco)	3	0.8	2.4
Fusible 10x38 de 0.5 Amp (Legrand)	33	1.5	49.5
Accesorios varios: copias, transporte. etc.	1	500	500
Construcción del tablero: estructura, plancha, y mesa	1	2100.4	2100.4
Convertidor AC/DC	1	7.5	7.5
Impresión en lona	1	90	90
Impresión en vinil	3	90	270
Impresión color, empastados	2	30	60
Impresión blanca / negro	4	13	52
Placa de acero	1	50	50
Funda espiral. Schneider	1	20.5	20.5
Riel Din [mts]	4	9	36
Canaleta 40x40mm [mts]	4	12	48
Funda amarras plásticas	1	10.25	10.25
Funda terminales tipo: ojo color: azul	2.5	10.55	26.375
Funda terminales tipo: hembra color: azul	2	10.55	21.1
Funda terminales tipo: punta color: azul	2	10.55	21.1
Base adhesiva	20	0.8	16
		TOTAL	4396.495

Tabla 2. Equipos adquiridos por el estudiante

Lista de materiales facilitados por la Universidad Politécnica Salesiana- Sede Guayaquil:

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Variac 3φ de 3kva. 0-230v.	2	784	1568
Analizador de red trifásica (pm700) (Schneider)	2	470	940
Resistencias 50w en la gama 750Ω, 1.5kΩ	12	11.67	140.04
Inductores (0.1A, 0.2A, 0.5A)	9	21.67	195.03
Capacitores 370vac. de: 2uf.4uf.7.5uf	9	1.8	16.2
Motor 1φ 3/4hp. (Siemens)	2	100	200
Transformadores de 250va. 120v - 12v. (Schneider)	2	75	150
Rectificador 25a. tipo puente	2	12	24
Borneras aisladas 4mm	176	0.7	123.2
Toma sobrepuesta 32amp (Legrand)	1	22	22
Clavija 32Amp. (Legrand)	2	26	52
Breaker 3p- 10A. para riel Din.	2	20	40
Luz piloto 120v. color: rojo (Camsco)	2	3.9	7.8
Selectores (2 posición on-off). (Camsco)	2	5	10
Portafusible 32a. para riel Din. (Camsco)	58	3.5	203
Osciloscopio de 2 canales (National instruments)	1	870.53	870.53
		TOTAL	4561.8

Tabla 3. Equipos facilitados por la universidad

3.10. DESCRIPCIÓN DE CADA EQUIPO Y ELEMENTO QUE CONFORMA EL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS.

3.10.1. DISYUNTOR TRIFÁSICO DE 3P-10A -1.



Figura 46. Disyuntor trifásico de 3P-10A -1

Fuente: El autor

3.10.2. VARIAC TRIFÁSICO DE 3KVA -1 (0-230VAC).

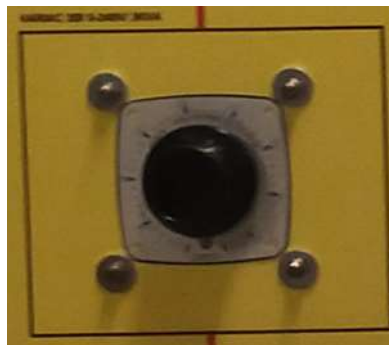


Figura 47. Variac trifásico de 3KVA -1 (0-230VAC).

Fuente: El autor

3.10.3. BARRA DE ALIMENTACIÓN -1 (0-230V).

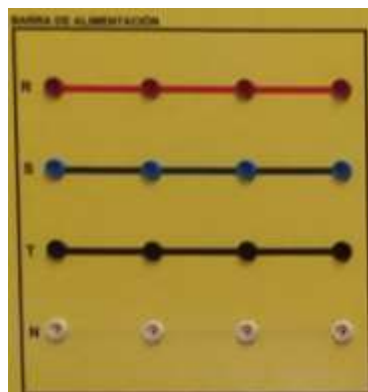


Figura 48. Barra de alimentación -1 (0-230V)

Fuente: El autor

3.10.4. FUENTE DC -1 (0-24VDC).

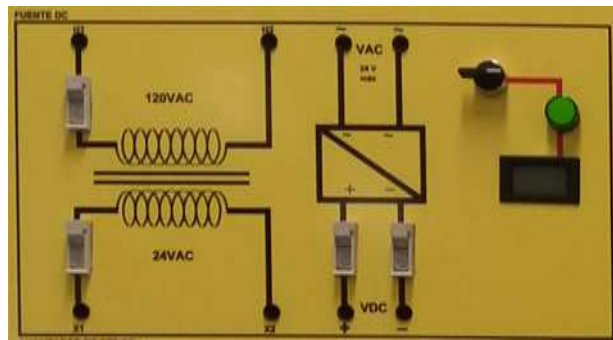


Figura 49. Fuente DC -1 (0-24VDC)

Fuente: El autor

3.10.5. ANALIZADOR DE RED TRIFÁSICO -1 (PM 700).

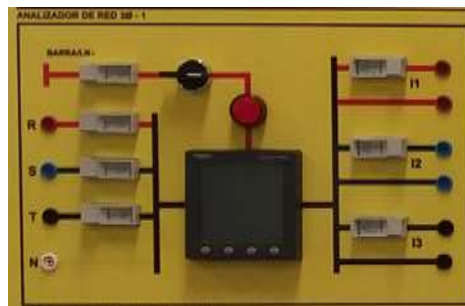


Figura 50. Analizador de red trifásico -1, modelo Power Logic PM 700

Fuente: El autor

3.10.6. MÓDULO DE CARGA INDUCTIVA. DE L1 A L3 (VMÁX:120V), DE L4 A L6 (VMÁX:80V).

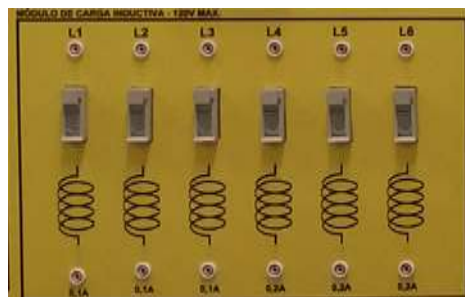


Figura 51. Módulo de carga inductiva. de L1 a L6

Fuente: El autor

3.10.7. MÓDULO DE CARGA INDUCTIVA. DE L7 A L9 (VMÁX:115V), DE L10 A L12 (VMÁX:40V).

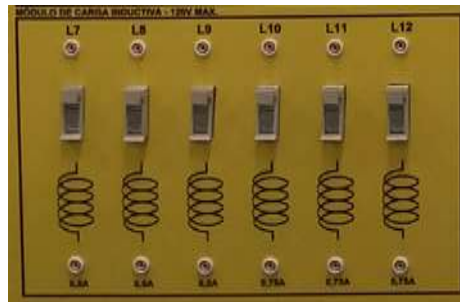


Figura 52. Módulo de carga inductiva. de L7 a L12

Fuente: El autor

3.10.8. OSCILOSCOPIO DE DOS CANALES DE 100 MHZ.



Figura 53. Osciloscopio de dos canales

Fuente: El autor

3.10.9. MÓDULO DE CARGA RESISTIVA MÁX:50W. DE R1 A R6 (500Ω).

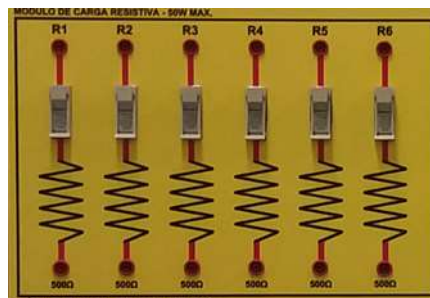


Figura 54. Módulo de carga resistiva. de R1 a R6

Fuente: El autor

3.10.10. MÓDULO DE CARGA RESISTIVA MÁX: 50W. DE R7 A R12 (750Ω).

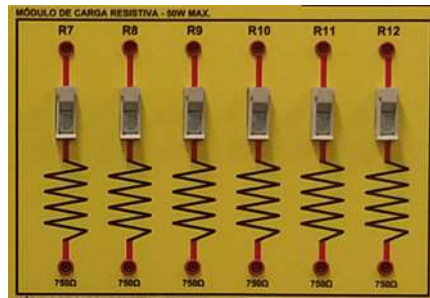


Figura 55. Módulo de carga resistiva. de R7 a R12

Fuente: El autor

3.10.11. MÓDULO DE CARGA RESISTIVA MÁX: 50W. DE R13 A R18 (1KΩ).

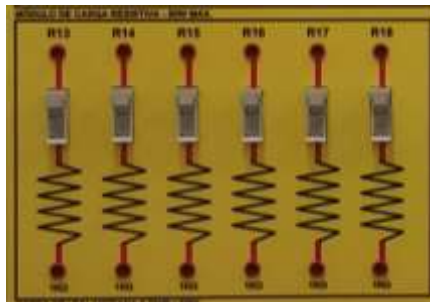


Figura 56. Módulo de carga resistiva. de R13 a R18

Fuente: El autor

3.10.12. MÓDULO DE CARGA RESISTIVA MÁX: 50W. DE R19 A R24 (1.5KΩ).

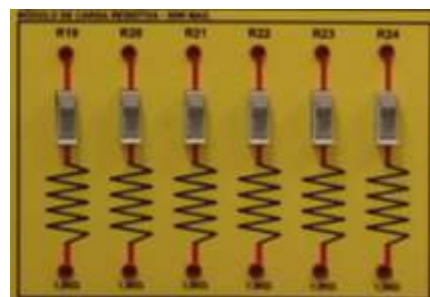


Figura 57. Módulo de carga resistiva. de R19 a R24

Fuente: El autor

3.10.13. CARGA TRIFÁSICA BALANCEADA 0.75HP/ 220V -1 (MOTOR SIEMENS).

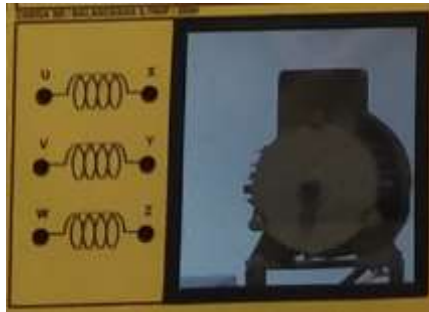


Figura 58. Carga trifásica balanceada 0.75HP/ 220V -1

Fuente: El autor

3.10.14. CARGA TRIFÁSICA BALANCEADA 0.75HP/ 220V -2 (MOTOR SIEMENS).

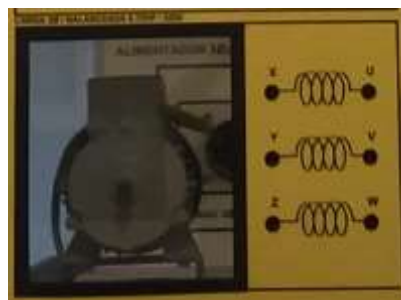


Figura 59. Carga trifásica balanceada 0.75HP/ 220V -2

Fuente: El autor

3.10.15. FUENTE DC -2 (0-24VDC).

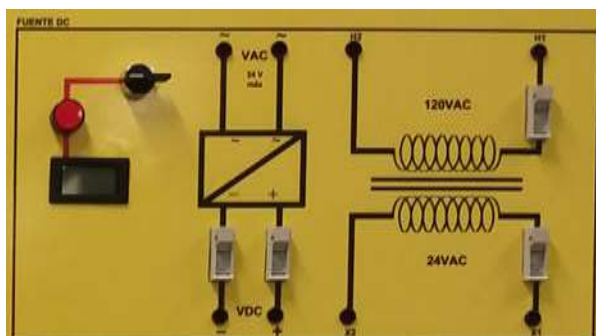


Figura 60. Fuente DC -2 (0-24VDC).

Fuente: El autor

3.10.16. ANALIZADOR DE RED TRIFÁSICO -2 (PM 700).

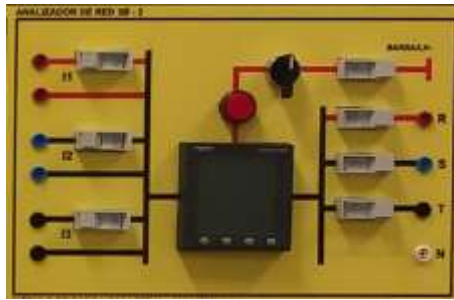


Figura 61. Analizador de red trifásico -2, modelo Power Logic PM 700

Fuente: El autor

3.10.17. MÓDULO DE CARGA CAPACITIVA MÁX: 220VAC. DE C1 A C6.

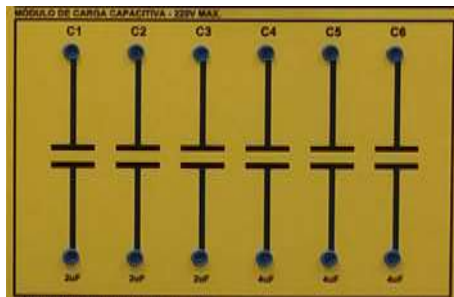


Figura 62. Módulo de carga capacitiva. de C1 a C6

Fuente: El autor

3.10.18. MÓDULO DE CARGA CAPACITIVA MÁX: 220VAC. DE C7 A C12.

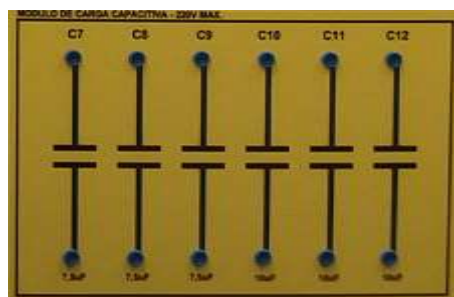


Figura 63. Módulo de carga capacitiva. de C7 a C12

Fuente: El autor

3.10.19. BARRA DE ALIMENTACIÓN -2 (0-230V).



Figura 64. Barra de Alimentación -2 (0-230V).

Fuente: El autor

3.10.20. VARIAC TRIFÁSICO DE 3KVA -2 (0-230VAC).

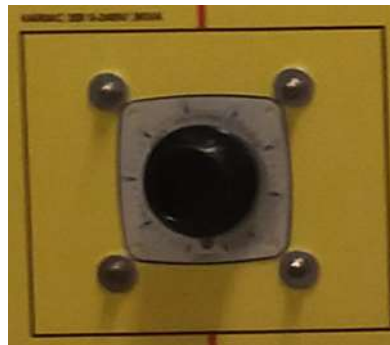


Figura 65. Variac trifásico de 3KVA -2 (0-230VAC)

Fuente: El autor

3.10.21. DISYUNTOR TRIFÁSICO DE 3P-10A -2.

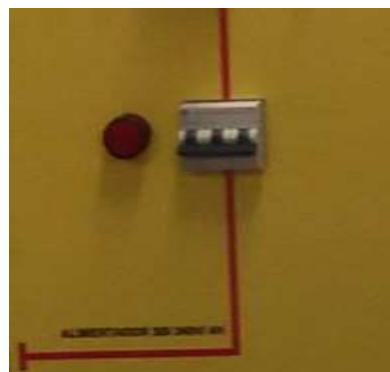


Figura 66. Disyuntor trifásico de 3P-10A -2

Fuente: El autor

CAPÍTULO IV MANUAL DE PRÁCTICAS DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELECTRICOS

Este capítulo observaremos que se han desarrollado veintitrés prácticas, contemplando el cronograma de las asignaturas de circuitos I y II con el fin de abarcar todo el material teórico de estas en la cual se encuentran desarrollados los temas como ley ohm, ley de Kirchhoff, mallas, nodos, Thevenin, circuitos (rlc serie-paralelo y mixto), potencias (activa, reactiva y aparente) sistemas trifásicos y compensación reactiva. Las mismas que servirán de material didáctico en el análisis de circuitos I y II, de la malla curricular en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la UPS.

4.1. GUÍA DE PRÁCTICAS DEL BANCO DE PRUEBAS:

PRÁCTICA N°1: Manual de usuario, normas de seguridad y protocolos de mantenimiento del tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.

PRÁCTICA N°2: Medición de resistencias, inductancias y capacitancias

PRÁCTICA N°3: Resistencia en circuitos serie-paralelo.

PRÁCTICA N°4: Ley de Ohm en corriente continua.

PRÁCTICA N°5: Leyes de Kirchhoff en corriente continua.

PRÁCTICA N°6: Transformación de circuitos estrella-delta con resistencias

PRÁCTICA N°7: Análisis de circuitos en corriente continua mediante el método de corrientes de malla

PRÁCTICA N°8: Análisis de circuitos en corriente continua mediante el método de tensiones de nodo.

PRÁCTICA N°9: Máxima transferencia de potencia en circuitos de corriente continua.

PRÁCTICA N°10: Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en corriente alterna.

PRÁCTICA N°11: Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie.

PRÁCTICA N°12: Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo.

PRÁCTICA N°13: Circuito mixto en corriente alterna.

PRÁCTICA N°14: Transformación de circuitos estrella-delta con impedancias.

PRÁCTICA N°15: Potencia eléctrica y factor de potencia en corriente alterna.

PRÁCTICA N°16: Análisis de circuitos en corriente alterna mediante el método de corrientes de mallas.

PRÁCTICA N°17: Análisis de circuitos en corriente alterna mediante el método de tensiones de nodos.

PRÁCTICA N°18: Sistemas de alimentación trifásicos.


PRÁCTICA N°19: Carga trifásica balanceada conectada en estrella.

PRÁCTICA N°20: Carga trifásica balanceada conectada en delta.

PRÁCTICA N°21: Carga trifásica desbalanceada conectada en estrella.

PRÁCTICA N°22: Carga trifásica desbalanceada conectada en delta.

PRÁCTICA N°23: Compensación reactiva en sistemas trifásicos.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

4.2. DESARROLLO DE PRÁCTICAS

4.3. PRÁCTICA # 1

4.3.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA N° 1**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.3.2. DATOS DE LA PRÁCTICA


- a. **TEMA:** MANUAL DE USUARIO, NORMAS DE SEGURIDAD Y PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO DEL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS

b. OBJETIVO GENERAL:

Conocer el funcionamiento general del tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos construido, entender las pautas y normas de seguridad a seguir para su correcto uso, así como los protocolos de mantenimiento preventivo a implementar para su correcto funcionamiento y durabilidad de los equipos.

c. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Entender cómo funciona el tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos construido.
2. Conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes que se encuentra en el banco de pruebas para circuitos eléctricos construido.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

3. Conocer las normas de seguridad que se deben tener en cuenta para la puesta en marcha y el uso del banco de pruebas.
4. Conocer los protocolos de mantenimiento preventivo a ejecutarse a cada uno de los componentes que conforman el tablero del banco de pruebas de transformadores construido.

d. MARCO TEÓRICO


1. Estudio y funcionamiento general de las resistencias, inductores y capacitores.
2. Estudio y funcionamiento general de los analizadores de red
3. Funcionamiento general de los disyuntores trifásicos de 3 polos, selectores monofásicos y trifásicos, luces piloto y osciloscopio.
4. Funcionamiento general de los motores trifásicos

e. PROCEDIMIENTO

1. Revisar el manual de usuario y seguridad del tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Comprobar el funcionamiento de cada elemento del tablero del banco de pruebas mediante los protocolos de mantenimiento preventivo diseñados.
3. Determinar el porcentaje de operatividad total del tablero del banco de pruebas.

f. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Equipos para medición.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


3. Formato para registro de valores experimentales del protocolo de mantenimiento preventivo de cada equipo.

g. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Protocolo de mantenimiento preventivo para fuente variable.
2. Protocolo de mantenimiento preventivo para cargas resistivas.
3. Protocolo de mantenimiento preventivo para cargas inductivas.
4. Protocolo de mantenimiento preventivo para cargas capacitivas.
5. Protocolo de mantenimiento preventivo para motor trifásico Siemens.
6. Protocolo de mantenimiento preventivo para analizador de redes
7. Protocolo de mantenimiento preventivo para transformador y rectificador

h. CUESTIONARIO

1. ¿Qué tipo de mantenimiento se debe realizar al tablero de pruebas para circuitos eléctricos?
2. ¿Qué precauciones debo tener antes de energizar el banco de prueba para circuitos eléctricos?
3. ¿Por qué se debe realizar el mantenimiento preventivo al banco de pruebas?

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. ANEXOS

Configuración de sistemas de alimentación del Analizador Schneider PM700

j. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

k. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

4.3.3. MANUAL DE USUARIO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS



Importante: Es obligatorio seguir todas las normas de seguridad antes y después a la energización del banco de pruebas, estas instrucciones de seguridad beneficiaran al correcto estado de operación del tablero.

AVISOS E INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

-Obedecer las especificaciones técnicas de los elementos y equipos, instalados en el banco de pruebas usando material y herramientas adecuadas para la conexión en cada práctica.

-Antes de encender el disyuntor principal, selectores y equipos de accionamiento deben estar en posición off, si en la parte trasera esta suelto algún cable notifique al docente, durante el encendido no tocar ningún cable ni equipo.

-En toda prueba es necesario proteger el tablero ubicando los fusibles del amperaje requerido en la porta fusibles, evitando que se quemen resistencias, inductancias, capacitores y equipos.

-Ni por el mínimo tiempo maniobrar energizado el tablero es decir mover algún cable o cambiar la conexión de la práctica, esto provocaría el mal funcionamiento en los equipos y elementos pasivos. En caso de maniobras cambie de posición del selector (en off), des-energice el tablero y proceda a realizar todos los cambios deseados.

-Si algún fusible se quema, quite la energía del tablero del banco de pruebas para su reemplazo, tomando en cuenta la secuencia del ítem anterior.

No usar cables empalmados o rotos ya que la corriente que fluye a través del cable provocaría riesgo eléctrico a la persona.

4.3.4. SECCIONES Y ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS

El banco de pruebas objeto 19 secciones cada una de las cuales se encuentra ubicada simétricamente como se muestra en la Fig.67, cada sección posee diferentes equipos y elementos descritos a continuación:

Sección 1: Barra de alimentación; contiene las fases R, S, T y el neutro N.

Sección 2: Alimentación del variac trifásico; contiene el disyuntor principal, una luz piloto y un variac. (autotransformador 3Φ) de 0-220VAC, 3KVA.

Sección 3: Fuente DC; contiene un transformador de 250 VA, (120/24VAC) un rectificador de 25Amp tipo puente, un medidor DC; un selector y una luz piloto, 4 porta fusible con fusibles de 6Amp.

Sección 4: Analizador de red 3F – 1; contiene 7 porta fusibles (4 fusibles para medición de voltaje de 2A. y 4A para la corriente), un selector monofásico, una luz piloto y un analizador de red trifásico.

Sección 5: Módulo de carga inductiva; contiene 3 inductores de 0.1Amp, 3 inductores de 0.2Amp cada uno con su respectivo porta fusible y fusible de 0.5Amp.

Sección 6: Módulo de carga inductiva; contiene 3 inductores de 0.5Amp y fusibles de 0.5Amp, 3 inductores de 0.75Amp y fusibles de 1Amp.

Sección 7: Osciloscopio de 2 canales.

Sección 8: Módulo de carga resistiva; contiene 6 resistencias de 500 ohm cada una con su respectivo porta fusible y fusible de 0.5Amp.

Sección 9: Módulo de carga resistiva; contiene 6 resistencias de 1K ohm cada una con su respectivo porta fusible y fusible de 0.5Amp.

Sección 10: Carga trifásica balanceada; contiene un motor trifásico de 6 bornes, VLL a 220V, 0.75HP.

Sección 11: Módulo de carga resistiva; contiene 6 resistencias de 750 ohm cada una con su respectivo porta fusible y fusible de 0.5Amp.

Sección 12: Módulo de carga resistiva; contiene 6 resistencias de 1.5K ohm cada una con su respectivo porta fusible y fusible de 0.5Amp.

Sección 13: Carga trifásica balanceada; contiene un motor trifásico de 6 bornes, VLL a 220V, 0.75HP.

Sección 14: Fuente DC; contiene un transformador de 250 VA, (120/24VAC) un rectificador de 25Amp tipo puente, un medidor DC; un selector y una luz piloto, 4 porta fusible con fusibles de 6Amp.

Sección 15: Analizador de red 3F – 2; contiene 7 porta fusibles (4 fusibles para medición de voltaje de 2A. y 4A para la corriente), un selector monofásico, una luz piloto y un analizador de red trifásico.

Sección: 16: Módulo de carga capacitiva; contiene 3 capacitores de 2uf y 3 capacitores de 4uf de 370VAC.

Sección: 17: Módulo de carga capacitiva; contiene 3 capacitores de 7.5uf y 3 capacitores de 10uf de 370VAC.

sección: 18: Barra de alimentación; contiene las fases R, S, T y el neutro N.

sección: 19: Alimentación del variac trifásico; contiene el disyuntor principal, una luz piloto y un variac. (autotransformador 3 Φ) de 0-220VAC, 3KVA.

ESTRUCTURA GENERAL DEL TABLERO

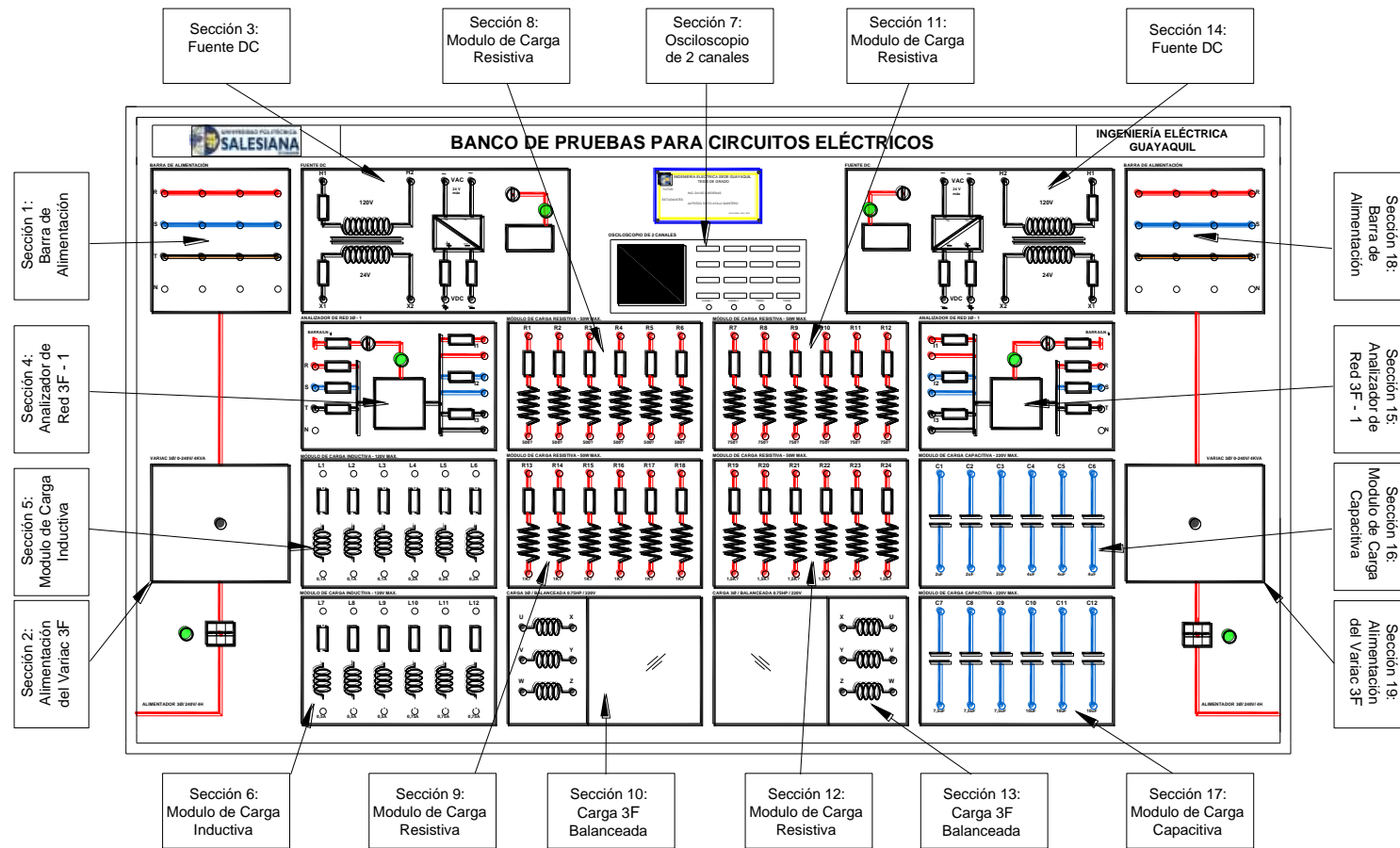


Figura 67. Estructura general del tablero

Fuente: El autor

4.3.5. DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS

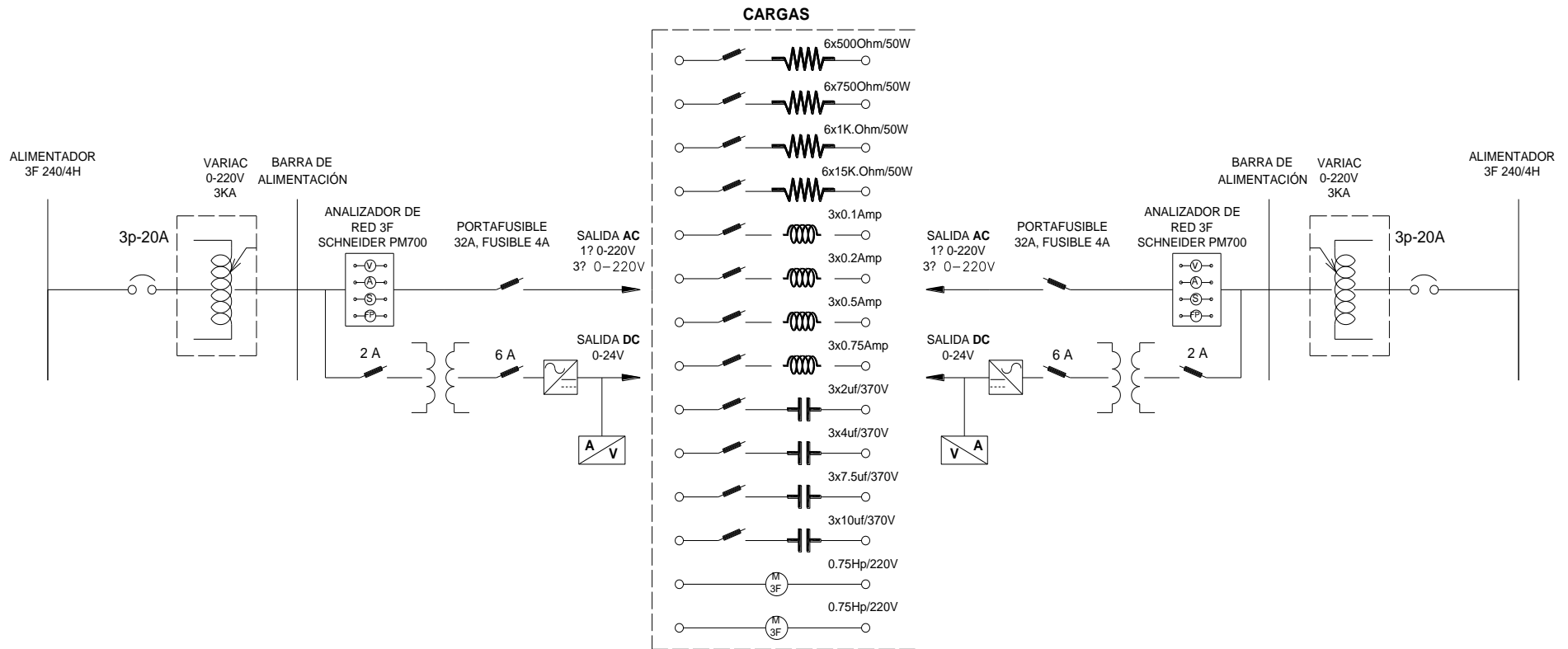


Figura 68. Diagrama unifilar general del banco de pruebas para circuitos eléctricos.

Fuente: El autor

4.3.6. MANUAL DE RUTINA Y OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS

El banco de pruebas para circuitos eléctricos fue diseñado para operar de acuerdo a lo siguiente:

Sección 1 y Sección 18: Barra de alimentación

Es la fuente para energizar los circuitos eléctricos, con las siguientes características:

VLL = 0-220V

VL-N = 0-127V

IL(MAX) = 8A.

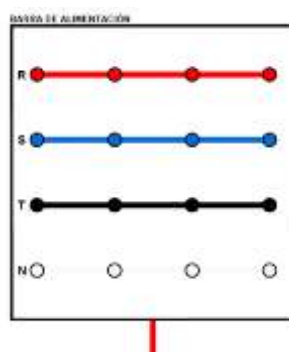


Figura 69. Barra de alimentación

Fuente: El autor

Sección 2 y Sección 19: Alimentación del Variac trifásico

El breaker trifásico de 10 Amp es el que abre el circuito al variac. El voltaje de operación es del rango de 0-220VAC, su señalización al estar encendido es la luz piloto de 120 v.

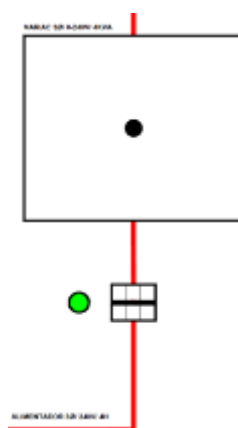


Figura 70. Alimentación del variac trifásico

Fuente: El autor

Sección 3 y Sección 14: Fuente DC

El voltaje de operación es de 0-24VDC. El medidor DC internamente está conectado con la salida de la fuente DC, este automáticamente dará los valores de voltaje (DC) y corriente (DC) durante la prueba.

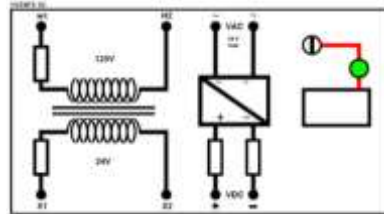


Figura 71. Fuente DC

Fuente: El autor

Sección 4 y Sección 15: Analizador de red 3F

Instrumento que realiza la medición de los parámetros eléctricos del sistema, la programación del transformador de corriente (TC) interno es 1000/1 es decir que para todos los valores de corriente y potencia se dividirá para 1000, esto con la finalidad de obtener decimales para su mayor exactitud de medición.

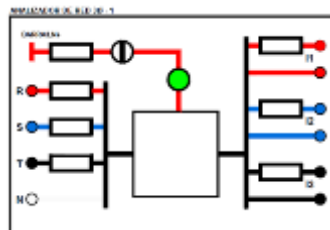


Figura 72. Analizador de red 3F

Fuente: El autor

Sección 5 y Sección 6: Módulo de carga inductiva

Cada sección contiene seis inductores y cada uno de ellos con su respectiva protección, se dividen en cuatro grupos;

L1, L2, L3: $V_{\text{máx}}$ (variable)=120V. $I_{\text{máx}}$ = 0.1 Amp.

L4, L5, L6: $V_{\text{máx}}$ (variable)=80V. $I_{\text{máx}}$ = 0.2 Amp.

L7, L8, L9: $V_{\text{máx}}$ (variable)=115V. $I_{\text{máx}}$ = 0.5 Amp.

L10, L11, L12: $V_{\text{máx}}$ (variable)=40V. $I_{\text{máx}}$ = 0.75 Amp.

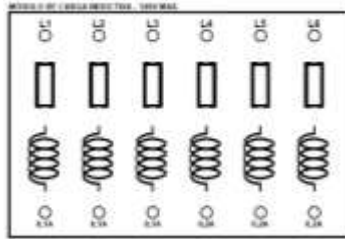


Figura 73. Módulo de carga inductiva

Fuente: El autor

Sección 7: Osciloscopio de 2 canales

El instrumento mide señales de componentes eléctricas que estén conectados al canal 1 y 2, sea de tensión o frecuencia, adicional tiene una entrada USB para guardar en pendrive las fotografías de las oscilaciones de ondas que se presenta en la pantalla con una frecuencia máxima de trabajo de 100 MHz.

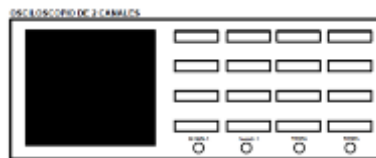


Figura 74. Osciloscopio de 2 canales

Fuente: El autor

Sección 8, 9, 11 y 12: Módulo de carga resistiva

Cada sección contiene seis resistores con un total de 24 resistores, y cada uno con su respectiva protección, seis de 500Ω, seis de 750Ω, seis de 1000Ω, y seis de 1500Ω.

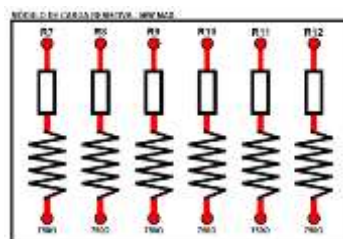


Figura 75. Módulo de carga resistiva

Fuente: El autor

Sección 10 y Sección 13: Carga trifásica balanceada

Esta sección está compuesta por un motor trifásico jaula de ardilla conexión estrella, 220V máximo, 0.75HP, de 6 terminales.

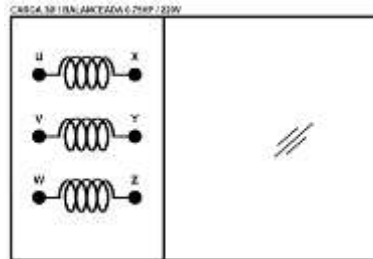


Figura 76. Carga trifásica balanceada

Fuente: El autor

Sección: 16 y Sección 17: Módulo de carga capacitiva

Cada sección contiene seis capacitores que se dividen en cuatro grupos; tres de 2 μf , tres de 4 μf , tres de 7.5 μf , y tres de 10 μf , todos a 370VAC.

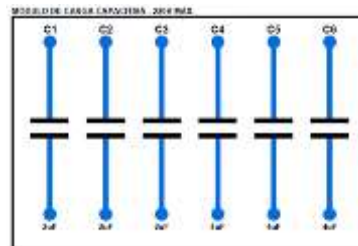


Figura 77. Módulo de carga capacitiva

Fuente: El autor

PUESTA EN MARCHA

Para energizar el tablero del banco de pruebas, se lo realiza mediante una alimentación trifásica de 4 hilos / 220V a través de un conector tipo clavija de 32A.

MANUAL DE PRÁCTICAS

Se han planteado veintitrés prácticas empleadas en el estudio de ingeniería los circuitos eléctricos que corresponde a la ley de Ohm, leyes de circuitos, métodos de análisis, circuitos monofásicos, circuitos trifásicos y teorema en el análisis de circuitos conforme al pensum académico para las materias de circuitos I y II con pruebas en DC y AC. Se muestran las siguientes:

- PRÁCTICA N°1:** Manual de usuario, normas de seguridad y protocolos de mantenimiento del tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
- PRÁCTICA N°2:** Medición de resistencias, inductancias y capacitancias
- PRÁCTICA N°3:** Resistencia en circuitos serie-paralelo.
- PRÁCTICA N°4:** Ley de Ohm en corriente continua.
- PRÁCTICA N°5:** Leyes de Kirchhoff en corriente continua.
- PRÁCTICA N°6:** Transformación de circuitos estrella-delta con resistencias
- PRÁCTICA N°7:** Análisis de circuitos en corriente continua mediante el método de corrientes de malla.
- PRÁCTICA N°8:** Análisis de circuitos en corriente continua mediante el método de tensiones de nodo.
- PRÁCTICA N°9:** Máxima transferencia de potencia en circuitos de corriente continua.
- PRÁCTICA N°10:** Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en corriente alterna.
- PRÁCTICA N°11:** Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie.
- PRÁCTICA N°12:** Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo.
- PRÁCTICA N°13:** Circuito mixto en corriente alterna.
- PRÁCTICA N°14:** Transformación de circuitos estrella-delta con impedancias.
- PRÁCTICA N°15:** Potencia eléctrica y factor de potencia en corriente alterna.
- PRÁCTICA N°16:** Análisis de circuitos en corriente alterna mediante el método de corrientes de mallas.
- PRÁCTICA N°17:** Análisis de circuitos en corriente alterna mediante el método de tensiones de nodos.
- PRÁCTICA N°18:** Sistemas de alimentación trifásicos.
- PRÁCTICA N°19:** Carga trifásica balanceada conectada en estrella.
- PRÁCTICA N°20:** Carga trifásica balanceada conectada en delta.
- PRÁCTICA N°21:** Carga trifásica desbalanceada conectada en estrella.
- PRÁCTICA N°22:** Carga trifásica desbalanceada conectada en delta.
- PRÁCTICA N°23:** Compensación reactiva en sistemas trifásicos.

4.3.7. PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con el propósito de alargar la vida útil del equipo se diseñaron fichas técnicas que servirán como guía para la aplicación del mantenimiento preventivo a realizarse en cada uno de los elementos del banco de pruebas.

Esta aplicación se debe realizar anualmente, ya que con esto podemos tener una estadística de cada equipo que compone este banco de pruebas.

Las fichas técnicas diseñadas son:

Protocolo de operatividad fuente variable.

Protocolo de operatividad cargas capacitivas.

Protocolo de operatividad cargas inductivas.

Protocolo de operatividad cargas resistivas.

Protocolo de operatividad motor trifásico.

Protocolo de operatividad analizador de redes.

Protocolo de operatividad transformador y rectificador.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PROTOCOLO CON RESOLUCION. N:

MODULO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS ELECTRICOS / FUENTE REGULABLE AC / SERIE:

FECHA: 07/03/2016

PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 117		DIAGNOSTICO:		OBSERVACIONES
1	V R-S (V) OUT	220 V	6%	228.6 V	6%	
2	V S-T (V) OUT	220 V	6%	226 V	6%	
3	V T-R (V) OUT	220 V	6%	228 V	6%	
4	V R-S (V) OUT	220 V	6%	228.6 V	6%	
5	V S-T (V) OUT	220 V	6%	226 V	6%	
6	V T-R (V) OUT	220 V	6%	228 V	6%	
7	V R-S (V) OUT	220 V	6%	228.6 V	6%	
8	V S-T (V) OUT	220 V	6%	226 V	6%	
9	V T-R (V) OUT	220 V	6%	228 V	6%	
10	V R-N (V) OUT	120 V	6%	119 V	6%	
11	V S-N (V) OUT	120 V	6%	119 V	6%	
12	V T-N (V) OUT	120 V	6%	118 V	6%	
13	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	7%	ACEPTABLE	7%	
14	BOTONERAS	ACEPTABLE	7%	ACEPTABLE	7%	
15	VOLTAJE	ACEPTABLE	7%	ACEPTABLE	7%	
16	AMPERAJE	ACEPTABLE	7%	ACEPTABLE	7%	
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		RECIBIDO POR:				APROBADO POR:

Tabla 4. Protocolo de operatividad fuente variable.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PROTOCOLO CON RESOLUCION. N :

BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS / MODULO DE CARGA CAPACITIVA/ SERIE:

FECHA : 07/03/2016

PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES DE CAPACITANCIAS

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 117		DIAGNOSTICO:		OBSERVACIONES
1	C1: 2uF - 370 V Max	Ci=2uf	7%	2.05uf	7%	
2	C2: 2uF - 370 V Max	Ci=2uF	7%	2.05uf	7%	
3	C3: 2uF - 370 V Max	Ci=2uF	7%	2.03uf	7%	
4	C4: 4uF - 370 V Max	Ci=4uF	7%	4.08uf	7%	
5	C5: 4uF - 370 V Max	Ci=4uF	7%	4.11uf	7%	
6	C6: 4uF - 370 V Max	Ci=4uF	7%	4.07uf	7%	
7	C7: 7.5uF - 370 V Max	Ci=7.5uF	7%	7.60uf	7%	
8	C8: 7.5uF - 370 V Max	Ci=7.5uF	7%	7.56uf	7%	
9	C9: 7.5uF - 370 V Max	Ci=7.5uF	7%	7.58uf	7%	
10	C10: 10uF - 370 V Max	Ci=10uF	7%	10.1uf	7%	
11	C11: 10uF - 370 V Max	Ci=10uF	7%	10.1uf	7%	
12	C12: 10uF - 370 V Max	Ci=10uF	7%	10.1uf	7%	
13	BORNERAS	ACEPTABLE	7%	ACEPTABLE	7%	
14	FUSIBLES	ACEPTABLE	5%	ACEPTABLE	5%	
15	CABLEADO Y CONEXIONES	ACEPTABLE	4%	ACEPTABLE	4%	
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Tabla 5. Protocolo de operatividad cargas capacitivas.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PROTOCOLO CON RESOLUCION. N :

BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS ELECTRICOS / MODULO DE CARGA INDUCTIVA/ SERIE: FECHA : 07/03/2016

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE RESISTENCIAS INTERNAS DE CADA INDUCTOR

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 117		DIAGNOSTICO:		OBSERVACIONES
1	L1: 0.1 A Max a 120 V	58.8 Ω	7%	58.8 Ω	7%	
2	L2: 0.1 A Max a 120 V	58.8 Ω	7%	58.8 Ω	7%	
3	L3: 0.1 A Max a 120 V	59.5 Ω	7%	59.5 Ω	7%	
4	L4: 0.2 A Max a 120 V	21.6 Ω	7%	21.6 Ω	7%	
5	L5: 0.2 A Max a 120 V	21.6 Ω	7%	21.6 Ω	7%	
6	L6: 0.2 A Max a 120 V	21.6 Ω	7%	21.6 Ω	7%	
7	L7: 0.5 A Max a 120 V	8.2 Ω	7%	8.2 Ω	7%	
8	L8: 0.5 A Max a 120 V	8.2 Ω	7%	8.2 Ω	7%	
9	L9: 0.5 A Max a 120 V	8.2 Ω	7%	8.2 Ω	7%	
10	L10: 0.75 A Max a 120 V	5.1 Ω	7%	5.1 Ω	7%	
11	L11: 0.75 A Max a 120 V	5.1 Ω	7%	5.1 Ω	7%	
12	L12: 0.75 A Max a 120 V	5.1 Ω	7%	5.1 Ω	7%	
13	FUSIBLES	ACEPTABLE	8%	ACEPTABLE	8%	
14	CABLEADO Y CONEXIONES	ACEPTABLE	8%	ACEPTABLE	8%	
<i>RECOMENDACIONES:</i>		<i>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:</i>				<i>REALIZADO POR :</i>
<i>RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DE LA MAQUINA</i>		<i>RECIBIDO POR :</i>				<i>APROBADO POR :</i>

Tabla 6. Protocolo de operatividad carga inductiva

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PROTOCOLO CON RESOLUCION. N :		
BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS ELECTRICOS / MODULO DE CARGAS RESISTIVAS R1 a R12/ SERIE:					FECHA : 07/03/2016	
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE RESISTENCIAS						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 117		DIAGNOSTICO:		OBSERVACIONES
1	R1= 500 OHMS	500 OHMS	7%	500.1 OHMS	7%	
2	R2= 500 OHMS	500 OHMS	7%	500.1 OHMS	7%	
3	R3= 500 OHMS	500 OHMS	7%	500.1 OHMS	7%	
4	R4= 500 OHMS	500 OHMS	7%	500.1 OHMS	7%	
5	R5= 500 OHMS	500 OHMS	7%	500.1 OHMS	7%	
6	R6= 500 OHMS	500 OHMS	7%	500.1 OHMS	7%	
7	R7= 750 OHMS	750 OHMS	7%	750.2 OHMS	7%	
8	R8= 750 OHMS	750 OHMS	7%	750.2 OHMS	7%	
9	R9= 750 OHMS	750 OHMS	7%	750.2 OHMS	7%	
10	R10= 750 OHMS	750 OHMS	7%	750.2 OHMS	7%	
11	R11= 750 OHMS	750 OHMS	7%	750.2 OHMS	7%	
12	R12= 750 OHMS	750 OHMS	7%	750.2 OHMS	7%	
13	BORNERAS	ACEPTABLE	7%	ACEPTABLE	7%	
14	FUSIBLES	ACEPTABLE	5%	ACEPTABLE	5%	
15	CABLEADO Y CONEXIONES	ACEPTABLE	4%	ACEPTABLE	4%	
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DE LA MAQUINA:		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Tabla 7. Protocolo de operatividad cargas resistivas R1 a R12.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PROTOCOLO CON RESOLUCION. N :		
BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS ELECTRICOS / MODULO DE CARGAS RESISTIVAS R13 a R24/ SERIE:					FECHA : 07/03/2016	
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE RESISTENCIAS						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 117		DIAGNOSTICO:		OBSERVACIONES
1	R13= 1000 OHMS	1000 OHMS	7%	1000.1 OHMS	7%	
2	R14= 1000 OHMS	1000 OHMS	7%	1000.1 OHMS	7%	
3	R15= 1000 OHMS	1000 OHMS	7%	1000.1 OHMS	7%	
4	R16= 1000 OHMS	1000 OHMS	7%	1000.1 OHMS	7%	
5	R17= 1000 OHMS	1000 OHMS	7%	1000.1 OHMS	7%	
6	R18= 1000 OHMS	1000 OHMS	7%	1000.1 OHMS	7%	
7	R19= 1500 OHMS	1500 OHMS	7%	1500.2 OHMS	7%	
8	R20= 1500 OHMS	1500 OHMS	7%	1500.2 OHMS	7%	
9	R21= 1500 OHMS	1500 OHMS	7%	1500.2 OHMS	7%	
10	R22= 1500 OHMS	1500 OHMS	7%	1500.2 OHMS	7%	
11	R23= 1500 OHMS	1500 OHMS	7%	1500.2 OHMS	7%	
12	R24= 1500 OHMS	1500 OHMS	7%	1500.2 OHMS	7%	
13	BORNERAS	ACEPTABLE	7%	ACEPTABLE	7%	
14	FUSIBLES	ACEPTABLE	5%	ACEPTABLE	5%	
15	CABLEADO Y CONEXIONES	ACEPTABLE	4%	ACEPTABLE	4%	
<i>RECOMENDACIONES:</i>		<i>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:</i>				<i>REALIZADO POR :</i>
<i>RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DE LA MAQUINA:</i>		<i>RECIBIDO POR :</i>				<i>APROBADO POR :</i>

Tabla 8. Protocolo de operatividad cargas resistivas de R13 a R24.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO : **PROTOCOLO CON RESOLUCION. N :**

MAQUINA ASINCRONA / SIEMENS / SERIE : 1LA7 073-4YA60 **FECHA : 07/03/2016**

PRUEBA REALIZADA : MOTOR EN ESTRELLA , ROTOR TIPO JAULA , SIN CARGA . CON ANALIZADOR FLUKE 435

ITEM	VARIABLE	FLUKE 435		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VLL (V)	215 V	7%	216 V	7%	
2	IL (A)	0.33 A	7%	0.358 A	7%	
3	P (3Ø) / W	30 W	7%	32 W	7%	
4	Q (3Ø) / VAR / Inductivo	170 VAR	7%	184 VAR	7%	
5	S (3Ø) / VA	220 VA	7%	222 VA	7%	
6	R (ux) / Ohm	9 Ω	7%	19,2 Ω	7%	
7	R (vy) / Ohm	9 Ω	7%	15,7 Ω	7%	
8	R (wz) / Ohm	9 Ω	7%	14.9 Ω	7%	
9	FP (3Ø) / inductivo	0.18	7%	0,22	7%	
10	Nivel de ruido	Aceptable	7%	Aceptable	7%	
11	Nivel de vibraciones	Aceptable	7%	Aceptable	7%	
12	Estado de borneras	Aceptable	7%	Aceptable	7%	
13	Estado del chasis y estructura	Aceptable	8%	Aceptable	8%	
14	OTROS	Aceptable	8%	Aceptable	8%	
<i>RECOMENDACIONES:</i>		<i>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:</i>				<i>REALIZADO POR :</i>
<i>RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA</i>		<i>RECIBIDO POR :</i>				<i>APROBADO POR :</i>

Tabla 9. Protocolo de operatividad motor trifásico.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PROTOCOLO CON RESOLUCION.		
BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS ELECTRICOS / MODULO ANALIZADOR DE REDES/ SERIE :						FECHA : 07/03/2016
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-4YA60						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 435		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V)	217	7%	219 V	7%	
2	V S-T (V)	217	7%	217 V	7%	
3	V T-R (V)	217	7%	219 V	7%	
4	V R-N (V)	124	7%	125.1 V	7%	
5	V S-N (V)	124	7%	124.5 V	7%	
6	V T-N (V)	124	7%	124.6 V	7%	
7	IR (A)	0.33	7%	0.359 A	7%	
8	IS (A)	0.33	7%	0.377 A	7%	
9	IT (A)	0.33	7%	0.334 A	7%	
10	P 3Φ (W)	50	7%	51 W	7%	
11	Q3Φ (VAR)	120	7%	136 VAR	7%	
12	S3Φ (VA)	128	7%	133 VAR	7%	
13	fp3Φ	0.36	8%	0.354	8%	
14	OTROS		8%		8%	
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Tabla 10. Protocolo de operatividad analizador de redes.

INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PROTOCOLO CON RESOLUCION. N:		
BANCO DE PRUEBAS/ TRANSFORMADOR 1 Ø / RECTIFICADOR/ SERIE:					FECHA: 07/03/2016	
PRUEBA REALIZADA: TENSIONES EN TERMINALES DE LOS TRANSFORMADORES						
VOLTAJE DE SALIDA DEL RECTIFICADOR PRUEBA A VACIO						
ITEM	VARIABLE	ESTÁNDAR		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	VT (terminal H1 - H2) [V]	120 V	9%	122 V	9%	
2	VT (terminal H3 - H4) [V]	120 V	9%	122 V	9%	
3	VT (terminal X1 - X2) [V]	12 V	9%	12.7 V	9%	
4	VT (terminal X3 - X4) [V]	12 V	9%	12.3 V	9%	
5	V entrada AL RECTIFICADOR (AC)	24 V	9%	24V	9%	
6	V salida DEL RECTIFICADOR (DC)	30 V	9%	31.1 V	9%	
19	I BT (vacío) alimentando H1 -H2 [A]	0.22 A	9%	0.23 A	9%	
20	I BT (vacío) alimentando X1 -X2 [A]	1.95 A	9%	1.94 A	9%	
21	Estado de borneras y terminales	Aceptable	9%	Aceptable	9%	
22	Estado de FUSIBLES	Aceptable	9%	Aceptable	9%	
24	OTROS	Aceptable	10%	Aceptable	10%	
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA MAQUINA:			REALIZADO POR:	
RESPONSABLE DEL DIADIAGNOSTICO DE LA MAQUINA		RECIBIDO POR:			APROBADO POR:	


Tabla 11. Protocolo de operatividad transformador y rectificador.

CONCLUSIONES:

Con el fin de estandarizar la correcta utilización del banco de pruebas para circuitos eléctricos se ha creado este manual para prevenir posibles daños de equipos.

Este manual contiene reglas únicamente aplicables para tableros de circuitos eléctricos como normas de seguridad y medidas de precaución para el uso del tablero.

El tipo de mantenimiento que se realiza al banco de pruebas para circuitos eléctricos es preventivo, en la cual se ha elaborado protocolos para cada una de las secciones, y así obtener historial de cada equipo.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

4.4. PRÁCTICA # 2

4.4.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA** N° 2
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.4.2. DATOS DE LA PRÁCTICA


- a. **TEMA:** MEDICIÓN DE RESISTORES, INDUCTORES Y CAPACITORES

- b. **OBJETIVO GENERAL:**

Determinar el valor del resistor, inductor y capacitor mediante instrumentación (multímetro).

- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Medir las 24 resistencia, 12 inductores y 12 capacitores y realizar la comparación entre los valores medidos e indicados en placa.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Resistencia eléctrica.
2. Inductancia eléctrica.
3. Capacitancia eléctrica.


e. PROCEDIMIENTO

1. Examine cada uno de los 24 resistores de alta disipación de potencia. Ajuste el multímetro en óhmetro. Con el valor de referencia de la resistencia como guía, seleccione la escala adecuada y mida la resistencia de cada uno de los 24 resistores. Registre sus lecturas en “valor medido” de la tabla N°1-A.

2. Para cada valor de resistencia medido en el anterior paso, calcule la precisión porcentual con la ecuación:

$$\% \text{Precisión porcentual} = \left| \frac{\text{Valor referido} - \text{Valormedido}}{\text{Valor referido}} \right|$$

registre esta precisión porcentual en la tabla N°1-A.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

3. Examine cada uno de los 12 inductores. Ajuste el multímetro en óhmetro, seleccione la escala adecuada y mida la resistencia de cada uno de los 12 inductores. Registre sus lecturas en “valor medido” de la tabla N°1-B.

4. Mida cada uno de los 12 capacitores de alta disipación de potencia. Ajuste el multímetro en faradios. Con el valor de referencia de la capacitancia como guía, seleccione la escala adecuada y mida la capacitancia de cada uno de los 24 capacitores. Registre sus lecturas en “valor medido” de la tabla N°1-C.


5. Para cada valor de las capacitancia medido en el anterior paso, calcule la precisión porcentual con la ecuación:

$$\%Precisión\ porcentual = \left| \frac{Valor\ referido - Valormedido}{Valor\ referido} \right|$$

registre esta precisión porcentual en la tabla N°1-A.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1-A: Prueba de resistor.
2. Prueba N°1-B: Medición de resistencia de inductores.
3. Prueba N°1-C: Medición de capacitancia.
4. Análisis y conclusiones.


	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1-A: Prueba de resistor.
Tabla N°1-A
2. Prueba N°1-B: Medición de resistencia de inductores.
Tabla N°1-B
3. Prueba N°1-C: Medición de capacitancia.
Tabla N°1-C

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. ¿Qué valor debe tener un resistor para considerarse un “cortocircuito”? Explique.
2. ¿Qué valor debe tener un resistor para considerarse un “circuito abierto”? Explique.
3. ¿Por qué no podemos medir resistencia en un capacitor?

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

1. De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1-A: MEDICIÓN DE RESISTORES

DIAGRAMA ELÉCTRICO

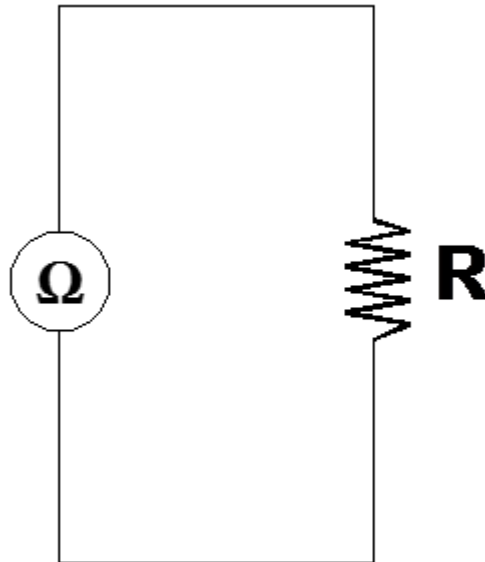


Figura 78. Diagrama eléctrico. Prueba # 1-A – Práctica # 2

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

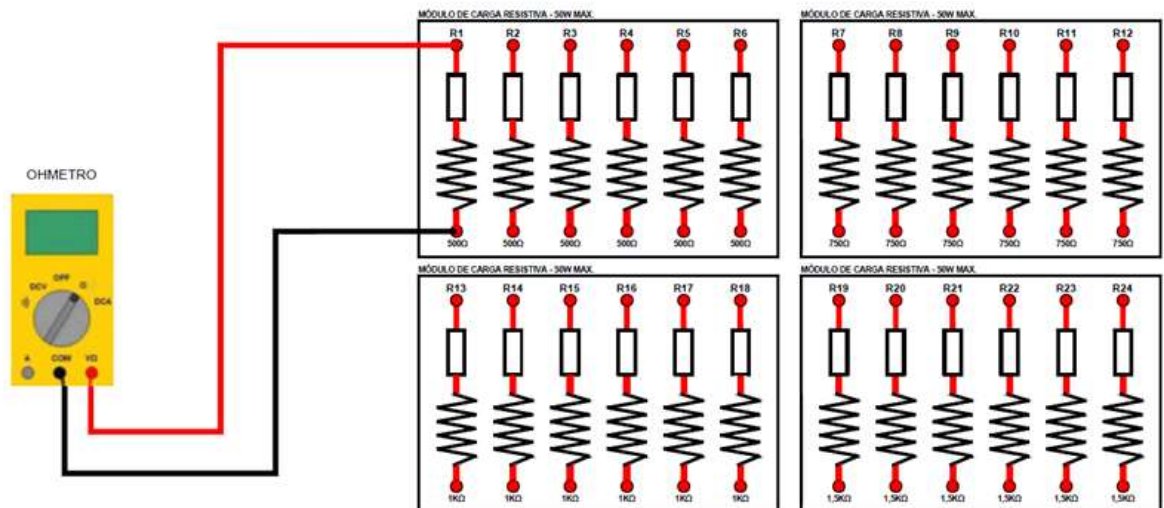


Figura 79. Diagrama de conexión. Prueba # 1-A – Práctica # 2

Fuente: El autor

**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE PRECISI3N PORCENTUAL EN LOS
M3DULOS RESISTIVOS DEL BANCO DE PRUEBAS**

TABLA N31-A: RESISTENCIA MEDIDA DE M3DULOS DE RESISTORES			
RESISTENCIA	VALOR REFERIDO [Ω]	VALOR MEDIDO [Ω]	PRECISI3N PORCENTUAL %
R1	500	516	3.2
R2	500	514.9	2.98
R3	500	516.2	3.24
R4	500	516.1	3.22
R5	500	518	3.6
R6	500	516.2	3.24
R7	750	749	0.13
R8	750	752	0.26
R9	750	751	0.13
R10	750	751	0.13
R11	750	754	0.53
R12	750	750	0
R13	1000	994	0.6
R14	1000	998	0.2
R15	1000	999	0.1
R16	1000	992	0.8
R17	1000	1002	0.2
R18	1000	1000	0
R19	1500	1503	0.2
R20	1500	1505	0.33
R21	1500	1504	0.26
R22	1500	1512	0.8
R23	1500	1504	0.26
R24	1500	1503	0.2

Tabla 12. Mediciones de la prueba precisi3n porcentual. Pr3ctica # 2

PRUEBA N°1-B: PRUEBA DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE INDUCTORES

DIAGRAMA ELÉCTRICO

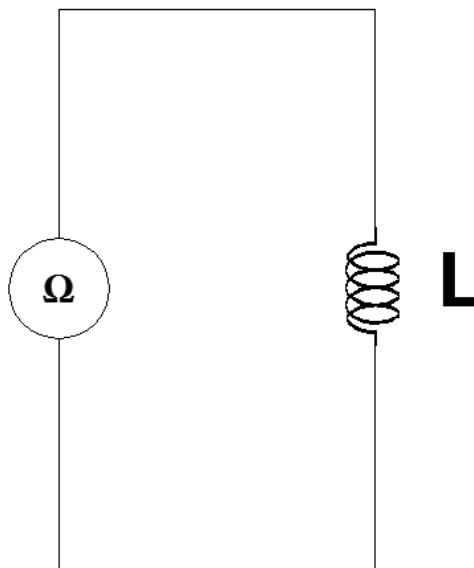


Figura 80. Diagrama eléctrico. Prueba # 1-B – Práctica # 2

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

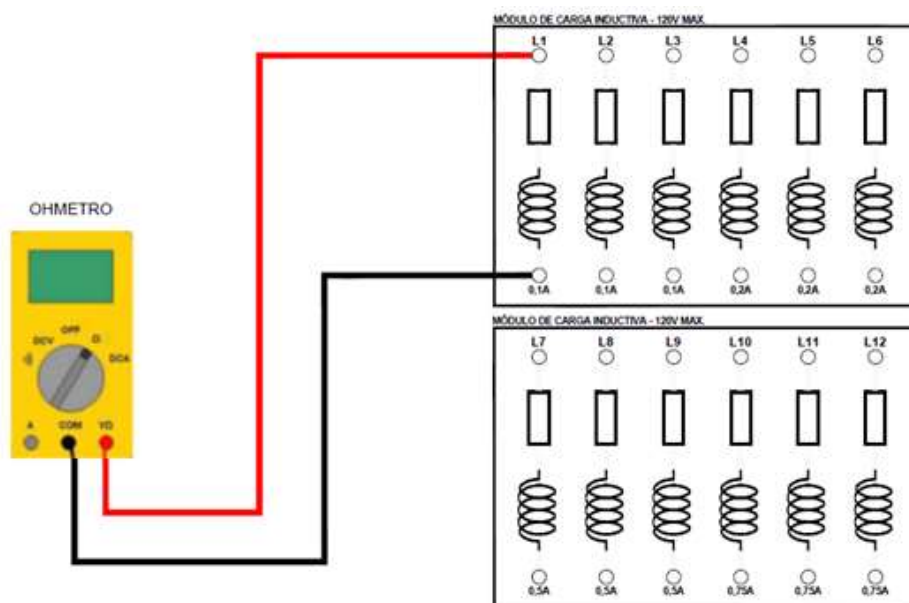


Figura 81. Diagrama de conexión. Prueba # 1-B – Práctica # 2

Fuente: El autor

**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA
DE INDUCTORES**

TABLA N°1-B: RESISTENCIA MEDIDA DE MÓDULOS DE INDUCTORES	
INDUCTOR	VALOR MEDIDO [Ω]
L1	60.3
L2	60.2
L3	60.5
L4	23.5
L5	23.6
L6	23.3
L7	9.7
L8	9.8
L9	8.1
L10	5.0
L11	5.1
L12	5.5

Tabla 13. Mediciones de resistencia de inductores. Práctica # 2

PRUEBA N°1-C: MEDICIÓN DE CAPACITANCIA

DIAGRAMA ELÉCTRICO

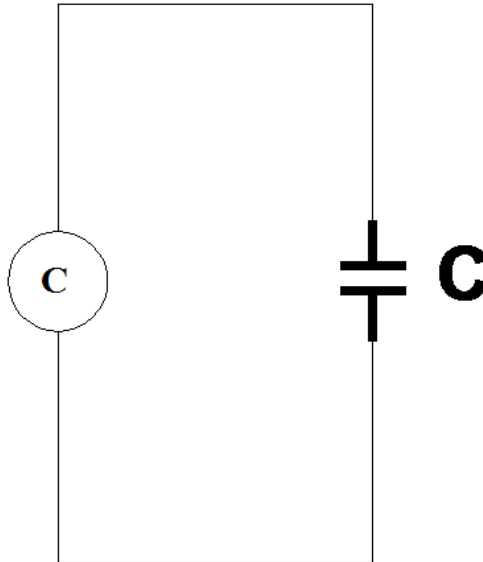


Figura 82. Diagrama eléctrico. Prueba # 1-C – Práctica # 2

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

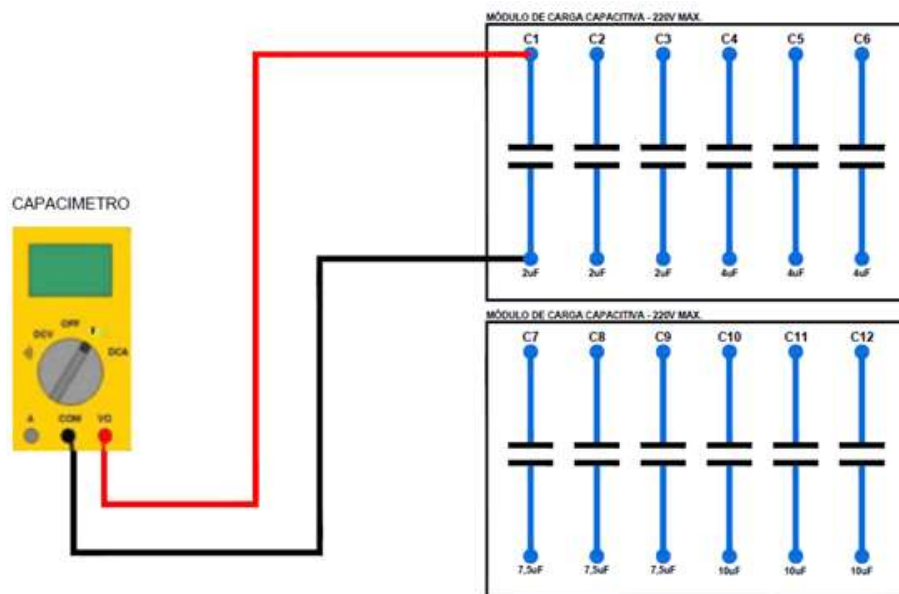


Figura 83. Diagrama de conexión. Prueba # 1-C – Práctica # 2

Fuente: El autor

**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE PRECISIÓN PORCENTUAL EN LOS
MÓDULOS RESISTIVOS DEL BANCO DE PRUEBAS**

TABLA N°1-C: MEDICIÓN DE CAPACITANCIA			
CAPACITOR	VALOR REFERIDO [UF]	VALOR MEDIDO [UF]	PRECISIÓN PORCENTUAL %
C1	2	2.02	1
C2	2	2.04	2
C3	2	2.03	1.5
C4	4	4.07	1.75
C5	4	4.1	2.5
C6	4	4.08	2
C7	7.5	7.6	1.33
C8	7.5	7.57	0.93
C9	7.5	7.52	0.26
C10	10	10.2	2
C11	10	10.5	5
C12	10	10.2	2


Tabla 14. Mediciones de la prueba precisión porcentual. Práctica # 2

CONCLUSIONES

Podemos observar que la resistencia se mide en ohmios y no se deben colocar los dedos en los términos de la conexión.

La resistencia medida en los inductores es por efecto de la bobina, la inductancia tiene otro comportamiento en corriente alterna, que se revisará en la práctica N°10 del presente manual.

La capacitancia la medimos generalmente en escala uf, pues el faradio (F) es una unidad muy grande, el capacitor se comporta de otra forma en corriente alterna, que se revisara en la práctica N°10 del presente manual.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.5. PRÁCTICA # 3

4.5.1 DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA N° 3**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.5.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** RESISTENCIA EN CIRCUITOS EN SERIE - PARALELO
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 1. Verificar experimentalmente las reglas para hallar la resistencia total, (RT) de un circuito serie – paralelo.
 2. Resolver de forma teórica y experimental para determinar el valor de resistencia en circuitos serie – paralelo.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 1. Diseñar una red serie – paralelo.
 2. Medir resistencias parciales y total en el circuito planteado.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO


1. Resistencia eléctrica y sus unidades.
2. Resistencia en conexión serie.
3. Resistencia en conexión paralelo.
4. Resistencia en conexión mixta.

e. PROCEDIMIENTO

1. Efectuar la conexión planteada del circuito de resistencias serie - paralelo.
2. Efectuar las mediciones de forma experimental del circuito serie - paralelo.
3. Registrar datos experimentales del circuito en la tabla N°1
4. Examinar los resultados obtenidos y emitir conclusiones.
5. Generar el reporte de la práctica realizada.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Serie - Paralelo.
2. Análisis y conclusiones.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

g. RECURSOS


1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Serie - Paralelo.
Tabla N°1

i. CUESTIONARIO

1. Explique las reglas para encontrar la resistencia total de un circuito serie – paralelo.
2. Explique porque es esencial desconectar la alimentación del circuito antes de medir la resistencia con un óhmetro
3. ¿Qué mediciones necesitará para hallar la corriente en cada resistor de un circuito serie – paralelo?

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: PRUEBA EN SERIE Y PARALELO DE LOS MÓDULOS RESISTIVOS

DIAGRAMA ELÉCTRICO

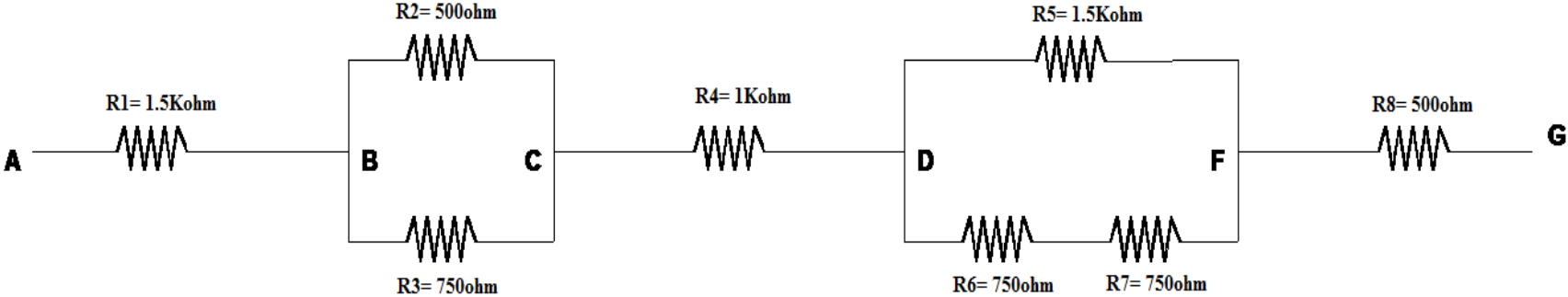


Figura 84. Diagrama eléctrico en serie y paralelo de los módulos resistivos. Prueba # 1 – Práctica # 3

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

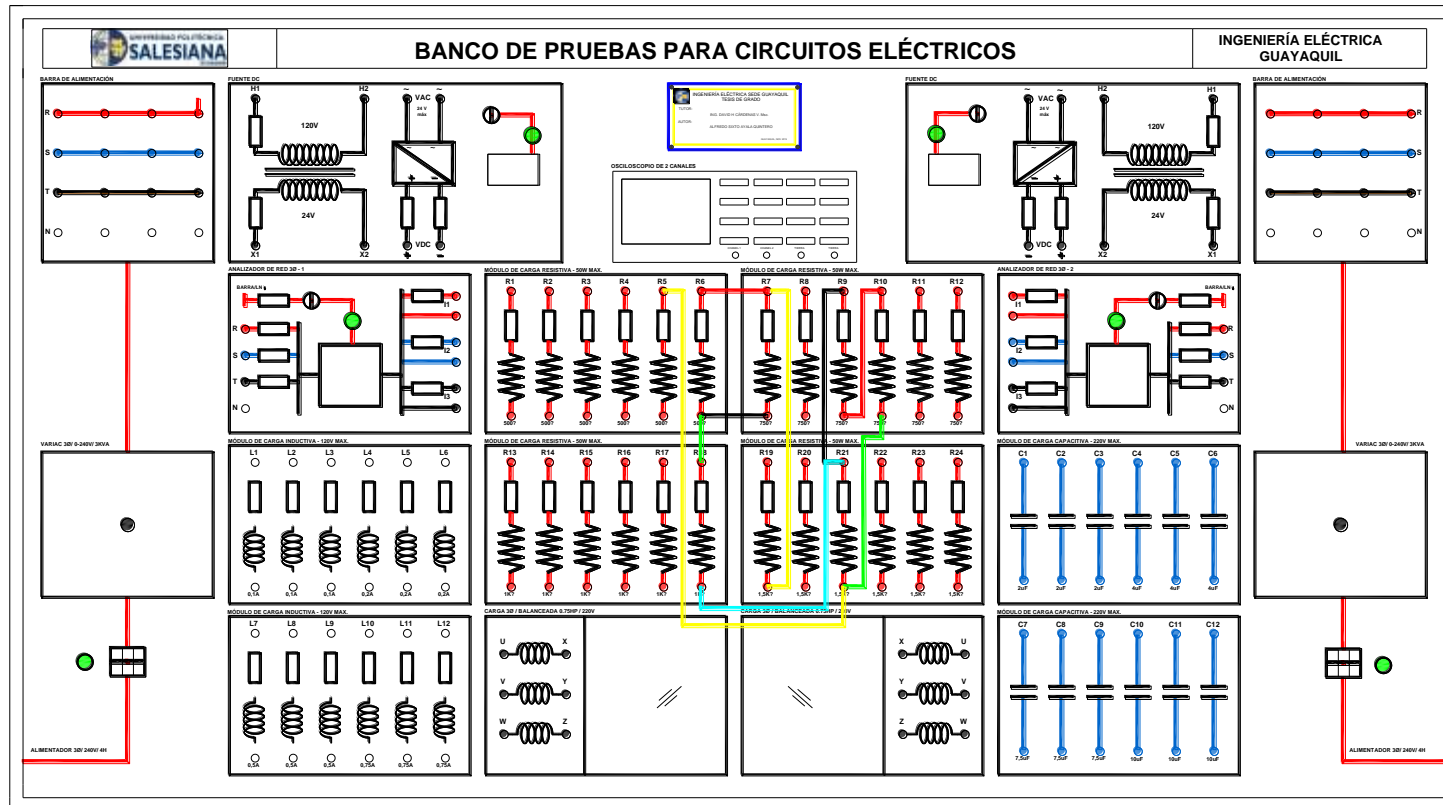


Figura 85. Diagrama de conexión en serie y paralelo de los módulos resistivos. Prueba # 1 – Práctica # 3

Fuente: El autor

**RESULTADOS DE PRUEBA SERIE PARALELO
EN LOS MÓDULOS RESISTIVOS**


TABLA N°1: CIRCUITO DE RESISTORES SERIE - PARALELO			
RESISTENCIA	VALOR REFERIDO [Ω]	VALOR MEDIDO [Ω]	PRECISIÓN PORCENTUAL %
R1	1.5K	1505	0.333
R2	500	518.3	3.66
R3	750	754	0.53
R4	1K	1002	0.2
R5	1.5K	1508	0.53
R6	750	754	0.53
R7	750	754	0.53
R8	500	520	4
RBC	300	307	2.33
RDF	750	754	0.53
RAC	1800	1812	0.667
RAD	2800	2812	0.428
RBD	1300	1308	0.615
RAF	3550	3566	0.450
RAG	4050	4086	0.888

Tabla 15. Resistencias en serie- paralelo. Práctica # 3

CONCLUSIONES

En conexión serie la resistencia equivalente es mayor que los resistores que la conforman.

En conexión paralelo la resistencia equivalente es menor que cualquiera de los resistores que la conforman.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.6. PRÁCTICA #4

4.6.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA N° 4**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.6.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** LEY DE OHM EN CORRIENTE CONTINUA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Comprobar la ley de Ohm en corriente continua.
 - 2. Aprender a medir voltajes y corrientes a través de la ley de Ohm en forma experimental y teórico a circuitos resistivos.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Verificar, con experimentos, la relación entre corriente, voltaje y resistencia en un circuito.
 - 2. Conocer las ecuaciones y postulados correspondientes a la ley de Ohm.
 - 3. Conocer las unidades de medidas y distinguir la diferencia entre voltaje y corriente.


	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Ley de OHM.
2. Resistencia eléctrica.

e. PROCEDIMIENTO

1. Energice la barra de alimentación mediante el breaker principal y conecte la fuente de alimentación DC. Aumente poco a poco el voltaje hasta que el medidor dc indique 8V. Lea el miliamperímetro y registre el valor en la tabla N°1, columna "8V".
2. Ajuste de nuevo el voltaje hasta que el voltímetro indique 14V. Registre la lectura del miliamperímetro en la columna "14V" en la tabla N°1.
3. Ajuste el voltaje hasta que el voltímetro indique 18V. Registre la lectura del miliamperímetro en la columna "18V" en la tabla N°1.
4. Ajuste de nuevo el voltaje hasta 23V. Registre la lectura del miliamperímetro en la columna "23V" en la tabla N°1. Apague el disyuntor.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

5. Calcule el valor de V/R para cada uno de los valores de voltaje y resistencia. Registre los resultados en el renglón “ V/R ” de la tabla.

6. Calcule el valor de V/I para cada uno de los valores de voltaje y corriente. Registre los resultados en el renglón “ V/I ” de la tabla.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Relación de voltaje – corriente con valor constante de 500Ω .

2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.


2. Diagrama eléctrico

3. Diagrama de conexión

4. Cables de conexión

5. Multímetro.

6. Formato de valores para registro de resultados.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Relación de voltaje – corriente con valor constante de 500Ω .

Tabla N°1

i. CUESTIONARIO

1. A partir de los datos de las tablas N°1, N°2, N°3 ¿qué puede concluir acerca de las relaciones entre la corriente, i , el voltaje, V y la resistencia, R de un circuito? Explique estas relaciones.
2. Represente las relaciones examinadas en la pregunta 1 con fórmulas matemáticas.

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

**PRUEBA N°1: PRUEBA DE RELACIÓN DE VOLTAJE – CORRIENTE
CON VALOR CONSTANTE DE 500Ω**

DIAGRAMA ELÉCTRICO

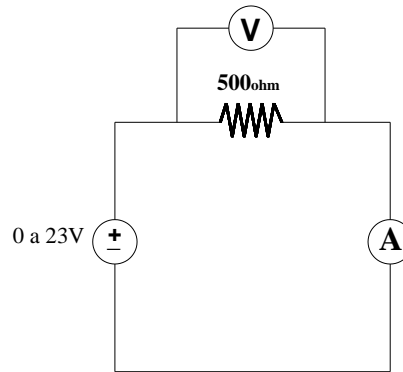


Figura 86. Diagrama eléctrico de la relación de voltaje – corriente. Prueba # 1 – Práctica # 4

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

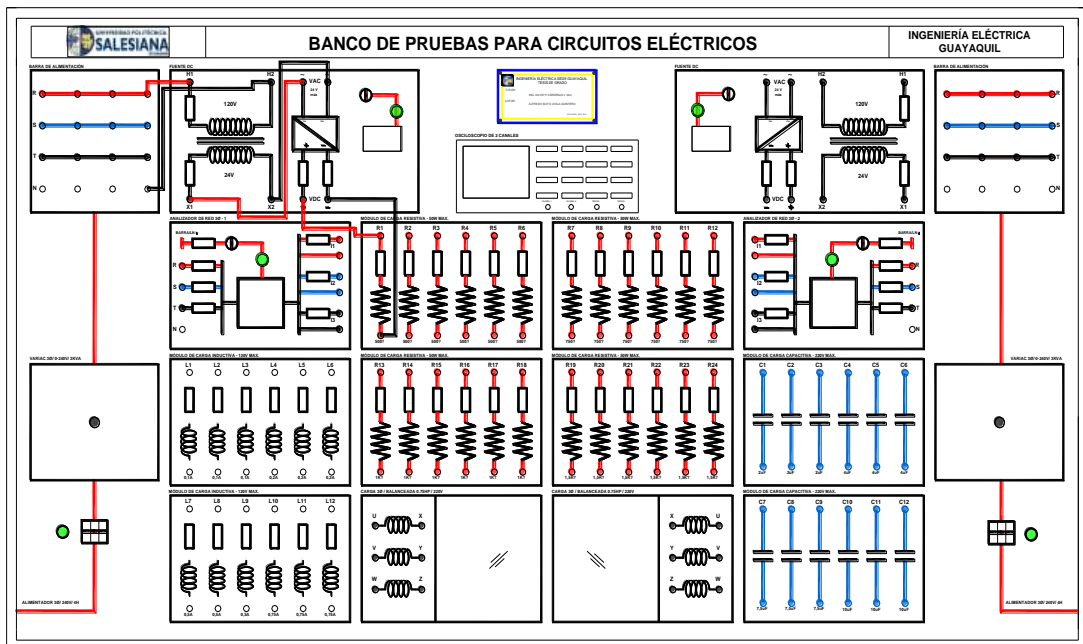


Figura 87. Diagrama de conexión de la relación de voltaje – corriente. Prueba # 1 – Práctica # 4

Fuente: El autor


RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA LEY DE OHM

TABLA N°1: LEY DE OHM					
VOLTAJE TEÓRICO [v]	RESISTENCIA TEÓRICA [Ω]	I= V/R [mA]	VOLTAJE MEDIDO [v]	CORRIENTE MEDIDA [mA]	R= V/I [Ω]
8	500	16	8.07	15.55	518.97
14	500	28	13.87	26.7	519.47
18	500	36	17.84	34.39	518.75
23	500	46	22.77	43.85	519.27

Tabla 16. Mediciones de la relación voltaje - corriente. Práctica # 4

CONCLUSIONES

Se comprobó la ley de Ohm en el banco de pruebas experimentalmente regulando el variac para que la fuente DC marque el voltaje deseado y con cada valor de voltaje obtendremos una corriente diferente. Se observa en el medidor DC, el voltaje y la corriente demostrada en la ley de ohm la cual dice que La diferencia de potencial aplicada a los extremos de un conductor es directamente proporcional a la corriente que pasa a través de él.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.7. PRÁCTICA # 5

4.7.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA N° 5**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.7.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** LEYES DE KIRCHHOFF EN CORRIENTE CONTINUA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 1. Comprobar experimentalmente la ley de tensiones de Kirchhoff y la ley de corrientes de Kirchhoff, como herramientas de análisis de circuitos eléctricos.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 1. Demostrar la ley de voltaje de Kirchhoff en un circuito serie.
 2. Demostrar la ley de corriente de Kirchhoff en un circuito paralelo.
 3. Diseñar circuitos con elementos resistivos en los cuales se puedan tomar medidas con el tablero de banco de pruebas para circuitos eléctricos con el fin de verificar la ley de tensión de Kirchhoff y la ley de corrientes de Kirchhoff.


	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Resistencia en serie.
2. Resistencia en paralelo.
3. Ley de Ohm.
4. Leyes de Kirchhoff.

e. PROCEDIMIENTO

1. Mida cada uno de los resistores y registre su valor en la tabla N°1-A.
2. Con el voltaje de la fuente (VFA) a 15V y a partir de la Fig.88, calcule las caídas de voltaje V1, V2, V3, V4, V5. Registre los valores en la tabla N°1-B, así como VFA y la suma de los voltajes calculados.
3. Arme el circuito de la Fig.88. Encienda la alimentación y ajuste la fuente al VFA=15V.
4. Mida los voltajes V1, V2, V3, V4, V5, como ilustra la Fig.88. Registre los valores en la tabla N°1-B. Calcule la suma de los voltajes anteriores y escriba su respuesta en la tabla N°1-B.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


5. Encienda la alimentación. Mida las corrientes I_{TA} , I_2 , I_3 , I_{TB} , I_{TC} , I_5 , I_6 , I_7 , I_{TD} e I_{TE} ; anote los valores en la tabla N°1-C. Calcule la suma de I_2 e I_3 ($I_{TA}=I_{TB}$) y la suma de I_5 , I_6 , e I_7 ($I_{TC}=I_{TD}$) y escriba sus respuestas en la tabla N°1-C.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Verificación de la ley de voltajes y corrientes de Kirchhoff.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Verificación de la ley de voltajes y corrientes de Kirchhoff.


Tabla N°1.A

Tabla N°1-B

Tabla N°1-C

i. CUESTIONARIO

1. Enuncie la relación entre las caídas de voltaje en resistores conectados en serie y el voltaje aplicado al circuito.
2. Expresé su respuesta a la pregunta 1 como fórmula matemática.
3. A partir de la tabla N°1, ¿los datos experimentales sustentan sus respuestas a las preguntas 1 y 2? (Remítase a los datos reales de la tabla). Si no es así, explique la discrepancia.
4. Explique la relación entre las corrientes que entran y salen de un nodo en un circuito.
5. Escriba como fórmula matemática la relación que explicó en la pregunta 4.
6. A partir de la figura N°2-C, ¿qué información necesitaría para hallar I_2 e I_3 en este circuito?

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

**PRUEBA N°1: PRUEBA VERIFICACIÓN DE LA LEY DE VOLTAJES Y
CORRIENTES DE KIRCHHOFF**

DIAGRAMA ELÉCTRICO

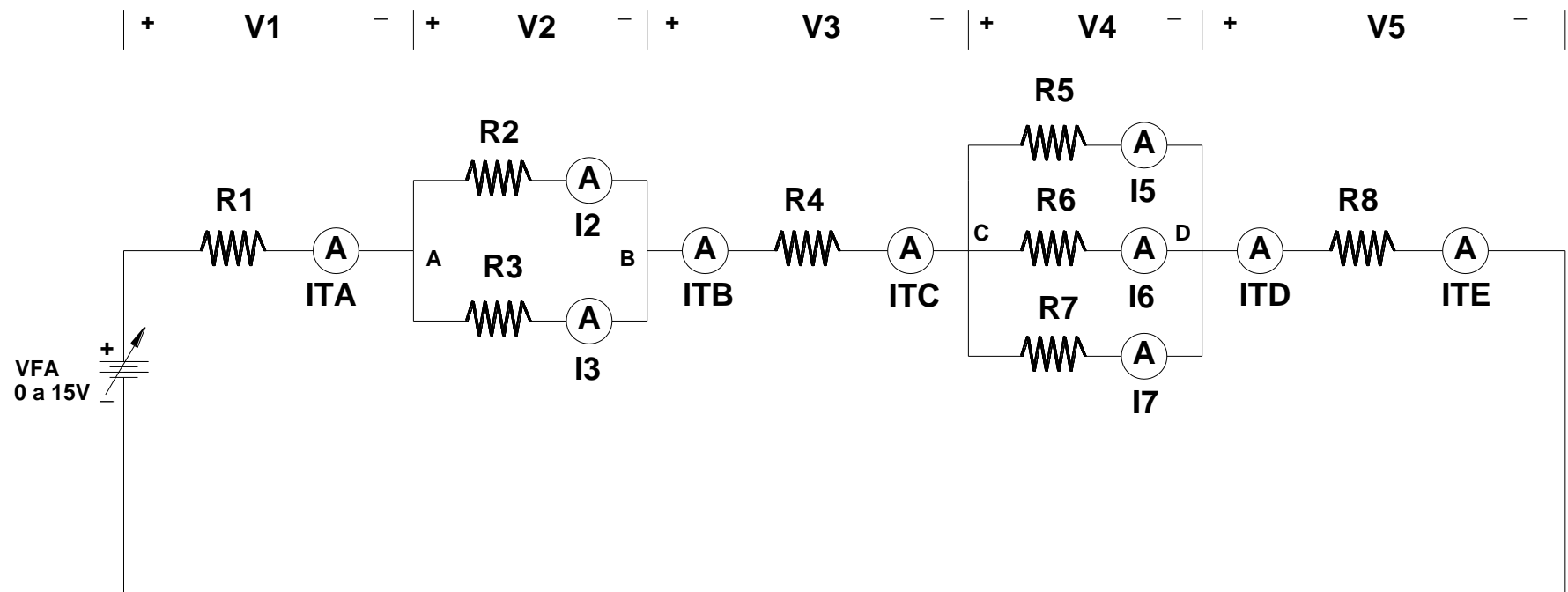


Figura 88. Diagrama eléctrico de la verificación de la ley de voltajes y corrientes de Kirchhoff. Prueba # 1 – Práctica # 5

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

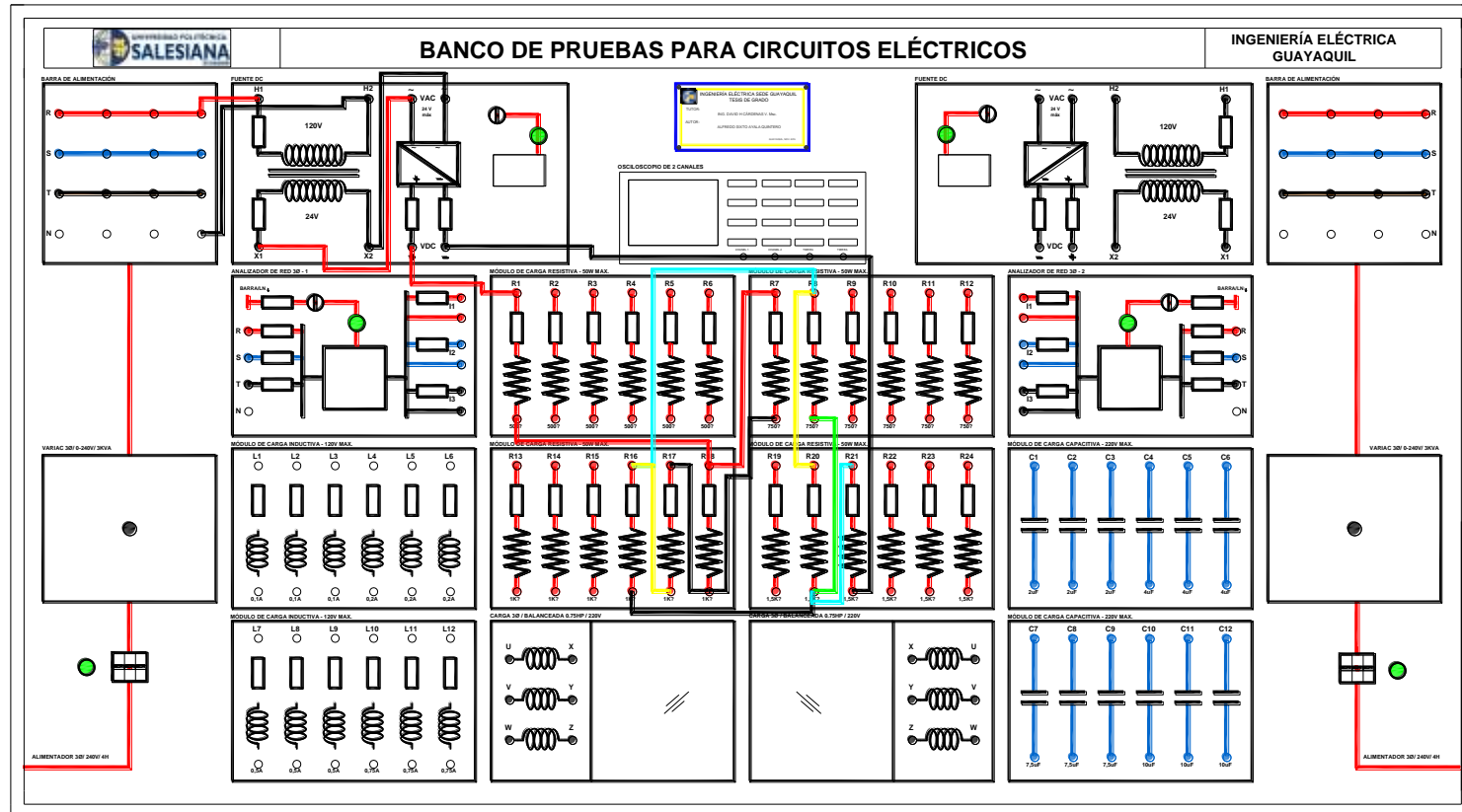


Figura 89. Diagrama de conexión para verificación de la ley de voltajes y corrientes de Kirchoff. Prueba # 1 – Práctica # 5

Fuente: El autor

RESULTADOS DE PRUEBA DE LA LEY DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE KIRCHHOFF

TABLA 1-A: VALORES DE LOS MÓDULOS DE RESISTORES DE LA PRÁCTICA DE LA LEY DE KIRCHHOFF								
VALOR NOMINAL	R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	R4 [Ω]	R5 [Ω]	R6 [Ω]	R7 [Ω]	R8 [Ω]
		500	750	1K	1K	1.5K	1K	750
VALOR MEDIDO	516.2	749	994	998	1503	999	752	1505

Tabla 17. Mediciones de resistores de los módulos. Práctica # 5

TABLA 1-B: VERIFICACIÓN DE LA LEY DE VOLTAJE DE KIRCHHOFF						
VALOR CALCULADO	VT [V]	V1 [V]	V2 [V]	V3 [V]	V4 [V]	V5 [V]
		15	1.99	1.70	3.98	1.329
VALOR MEDIDO	15.19	2.07	1.718	4.02	1.33	6.038

Tabla 18. Mediciones de la ley de voltajes de Kirchhoff. Práctica # 5

TABLA 1-C: VERIFICACIÓN DE LA LEY DE CORRIENTES DE KIRCHHOFF												
CORRIENTE	ITA	I2	I3	ITB	ITC	I5	I6	I7	ITD	ITE	I2+I3	I5+I6+I7
CORRIENTE CALCULADA [mA]	3.98	2.26	1.7	3.98	3.98	0.886	1.329	1.772	3.98	3.98	3.96	3.987
CORRIENTE MEDIDA [mA]	4	2.28	1.7	4	4	0.89	1.34	1.76	4	4	3.98	3.99

Tabla 19. Verificación de la ley de corrientes de Kirchhoff. Práctica # 5

ITA= Corriente medida en el punto “A”

ITB= Corriente medida en el punto “B”

ITC= Corriente medida en el punto “C”


ITD= Corriente medida en el punto “D”

ITE= Corriente medida en el punto “E”

CONCLUSIONES

Por la ley de voltajes de Kirchhoff la sumatoria algebraica de voltajes en un circuito o trayectoria cerrada es igual a cero.

Por la ley de corrientes de Kirchhoff la sumatoria algebraica de corrientes en un nodo es igual a cero.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.8. PRÁCTICA # 6

4.8.1 DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA N° 6**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.8.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** TRANSFORMACIÓN DE CIRCUITOS ESTRELLA – DELTA CON RESISTENCIAS
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Determinar la resistencia equivalente en circuitos con resistores en conexión estrella (Y) o delta (Δ).
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Identificar resistores conectados en estrella o ye.
 - 2. Identificar resistores conectados en delta o triangulo.
 - 3. Comparar las fórmulas de transformación de resistores estrella a delta o delta a estrella.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO


1. Resistencias equivalentes.
2. Transformación estrella a delta.
3. Transformación delta a estrella.

e. PROCEDIMIENTO

1. Arme en modulo el circuito mostrado en la Fig.90
2. Mida las resistencias con óhmetro y llene la tabla N°1 en valores medidos.
3. Mida la resistencia equivalente en los puntos A y B y coloque el dato en la tabla N°1.
4. Complete la tabla N°1 con los datos teóricos de resistores.
5. Encuentre teóricamente la resistencia equivalente en los puntos A y B aplicando las fórmulas de transformación de resistencias.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Transformación Y- Δ
2. Análisis y conclusiones.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Transformación Y- Δ
Tabla N°1

i. CUESTIONARIO

1. Indique las características de conexión de resistores en Y.
2. Indique las características de conexión de resistores en Δ .

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: TRANSFORMACIÓN ESTRELLA A DELTA

DIAGRAMA ELÉCTRICO

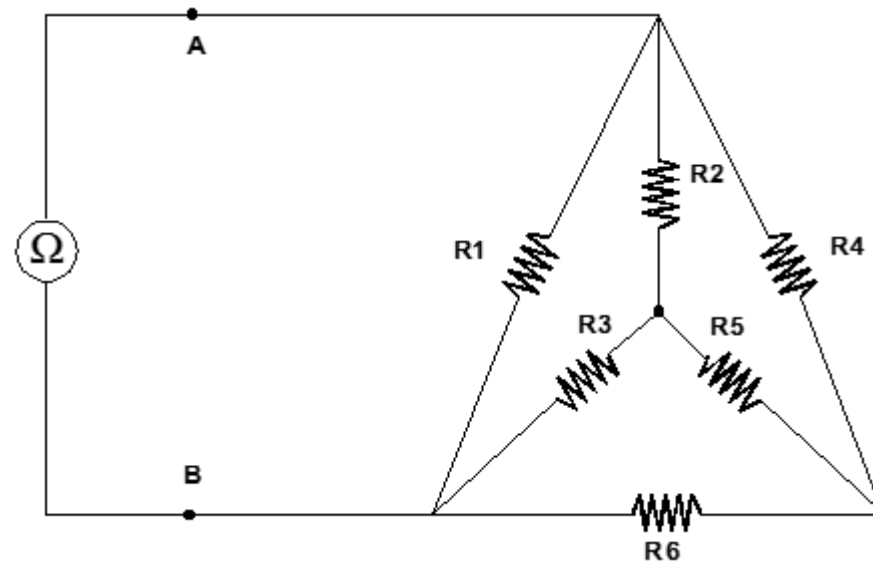


Figura 90. Diagrama eléctrico transformación estrella a delta. Prueba # 1 – Práctica # 6

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

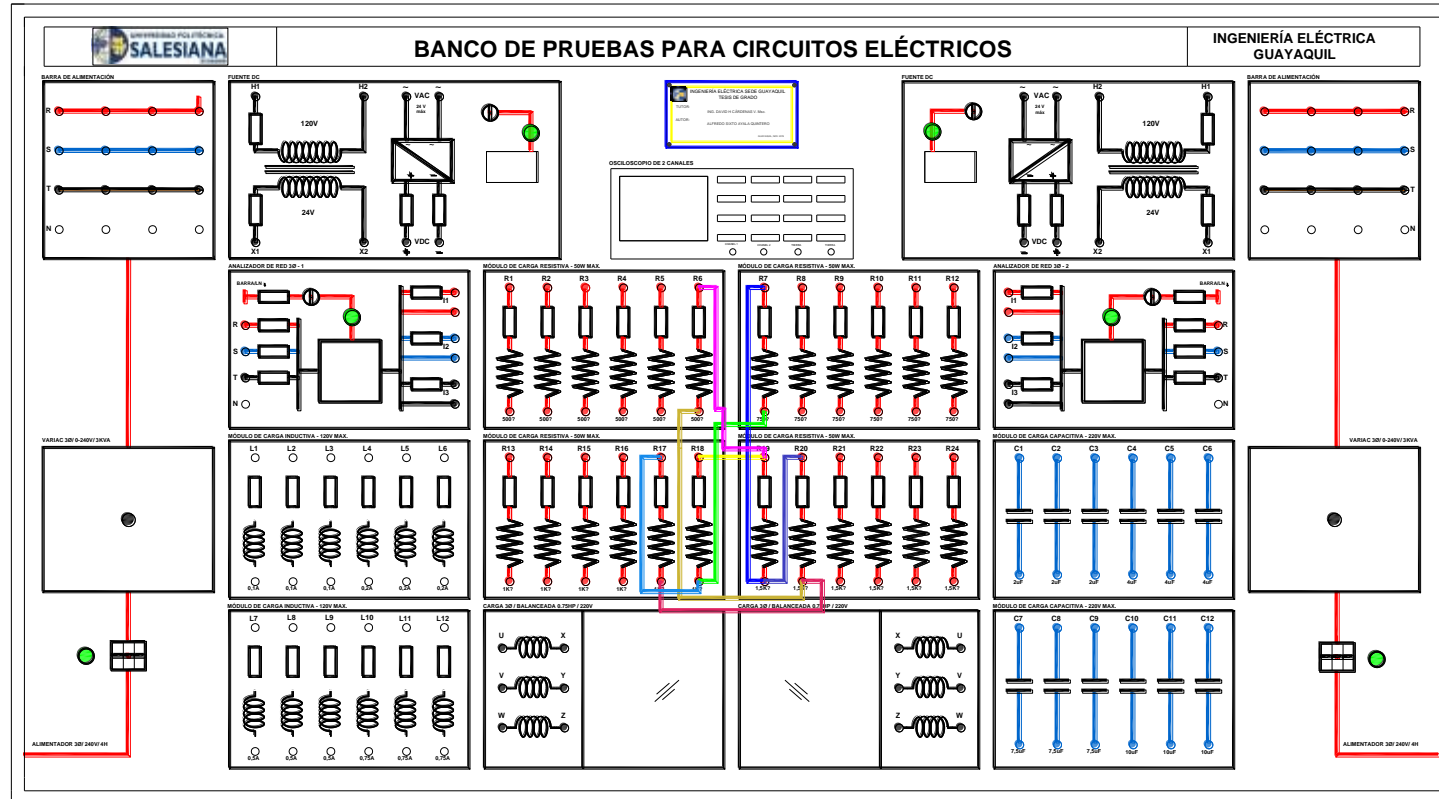


Figura 91. Diagrama de conexión de la transformación estrella - delta. Prueba # 1 – Práctica # 6

Fuente: El autor


**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE
TRANSFORMACIÓN ESTRELLA - DELTA**

TABLA N°1: TRANSFORMACIÓN ESTRELLA - DELTA			
RESISTENCIAS	VALOR TEÓRICO [Ω]	VALOR MEDIDO [Ω]	PRECISIÓN PORCENTUAL%
R1	1000	1002	0.2
R2	1500	1504	0.266
R3	750	749	1.333
R4	500	518	3.6
R5	1500	1507	0.466
R6	1000	1004	0.4
RAB	463.23	466.2	0.641

Tabla 20. Transformación estrella - delta. Práctica # 6

CONCLUSIONES

La transformación Y- Δ nos ayuda a obtener circuitos equivalentes, de tal manera que podamos llevar los circuitos a conexiones serie o paralelo, así se facilita el cálculo y el desarrollo de ejercicios.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.9. PRÁCTICA # 7

4.9.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA N° 7**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.9.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN CORRIENTE CONTINUA MEDIANTE EL MÉTODO DE CORRIENTES DE MALLA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Aplicar la ley voltajes de Kirchhoff para implementar sistemas de ecuaciones con incógnitas denominadas “Corrientes de malla”
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Verificar experimentalmente el método de “Corrientes de malla”
 - 2. Obtener datos experimentales de las corrientes y voltajes de una red DC.
 - 3. Hallar los parámetros eléctricos en un circuito eléctrico dado.
 - 4. Comparar los resultados teóricos con los resultados experimentales.


	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Ley de voltajes de Kirchhoff.
2. Circuito serie de resistores.
3. Métodos de solución de ecuaciones.

e. PROCEDIMIENTO

1. Con un óhmetro mida la resistencia de cada resistor de la Fig.92 y registre el valor en la tabla N°1
2. Con la fuente de alimentación apagada, arme el circuito de la Fig.92.
3. Encienda la fuente, ajuste la salida de la fuente en 10V manténgase este voltaje durante el experimento.
4. Mida el voltaje en cada resistor, de R1 a R6; anote los valores en la tabla N°1.
5. Según la ley de Ohm y el valor medido de la resistencia, calcule la corriente en cada resistor; registre su respuesta en la tabla N°1.
6. A partir del valor nominal de los resistores y las tres mallas de la Fig.92, calcule las corrientes de malla I1, I2 e I3, y registre la respuesta en la tabla N°1. Muestre todos los cálculos en una hoja aparte.
7. Con las repuestas de I1, I2 e I3, calcule la corriente en los resistores R2 y R4; registre sus repuestas en la tabla N°1.
8. Examinar los resultados obtenidos y emitir conclusiones.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

9. Generar el reporte de la práctica realizada.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS


1. Prueba N°1: Análisis de circuito de mallas en DC.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Análisis de circuito de mallas en DC.
Tabla N°1

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. Indique las ventajas de aplicar el método de las corrientes de malla.

2. Respecto a la Fig.92, escriba las tres ecuaciones de corriente de malla, pero suponga que el sentido de I_2 (la corriente en la malla 2) es contrario a la dirección de las manecillas del reloj. Halle las corrientes en R1 a R6, mediante las tres ecuaciones planteadas. Compare sus repuestas con la repuesta y mediciones de la tabla N°1. Explique cualquier discrepancia.

3. Explique el efecto que tendría invertir la polaridad de la fuente de voltaje en el sentido y la magnitud de la corriente en R1 a R6.

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CIRCUITO MALLA DC

DIAGRAMA ELÉCTRICO

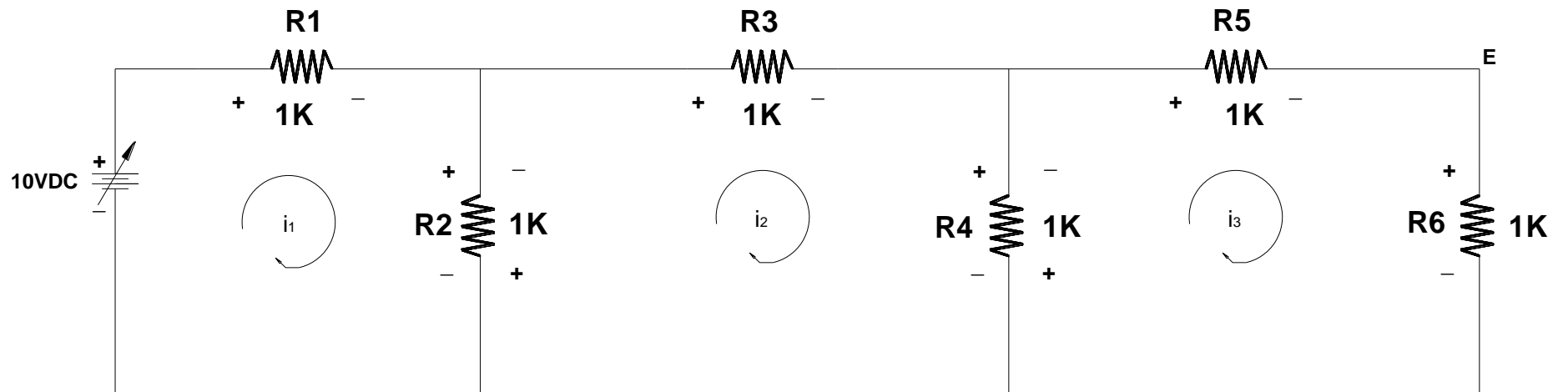


Figura 92. Diagrama eléctrico circuito de malla en D.C. Prueba # 1 – Práctica # 7

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

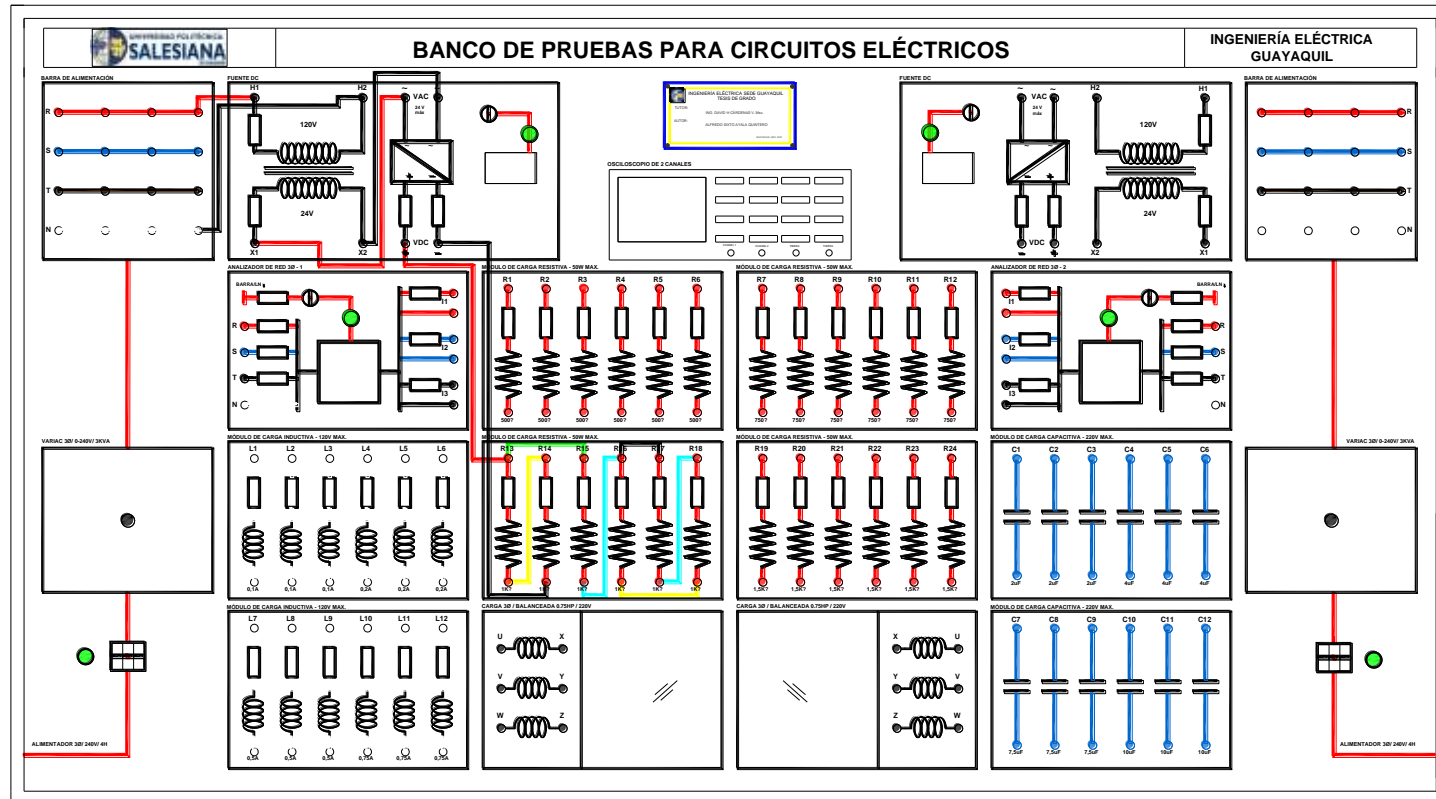


Figura 93. Diagrama de conexión del circuito de malla en DC. Prueba # 1 – Práctica # 7

Fuente: El autor

**RESULTADOS DEL CIRCUITO DE MALLA
EN CORRIENTE CONTINUA**


TABLA N°1: VERIFICACIÓN DE LOS DATOS EXPERIMENTALES Y TEÓRICOS DE CORRIENTES DE MALLA						
RESISTENCIA DE LOS MÓDULOS [Ω]			CAÍDA DE VOLTAJE (MEDIDO) [V]	CORRIENTE MEDIDA [mA]	CORRIENTE CALCULADA DEL MÉTODO DE MALLA [mA]	
RESISTOR	NOMINAL	MEDIDA				
R1	1KΩ	994	6.24	6.19	I1	6.15
R2	1KΩ	998	3.9	3.87	I1-I2	3.846
R3	1KΩ	999	2.34	2.33	I2	2.307
R4	1KΩ	992	1.56	1.56	I2-I3	1.538
R5	1KΩ	1002	0.78	0.78	I3	0.769
R6	1KΩ	1000	0.78	0.77	I2	0.769

Tabla 21. Circuito malla DC. Práctica # 7

CONCLUSIONES

Mediante el método de corriente de malla podemos encontrar todos los parámetros eléctricos de un circuito plano.

Se debe recordar que las corrientes de malla son corrientes teóricas dadas para ayudar a encontrar las corrientes reales en un circuito, este caso se presenta en las resistencias R_2 y R_4 .

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.10. PRÁCTICA # 8

4.10.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA N° 8**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.10.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN CORRIENTE CONTINUA MEDIANTE EL MÉTODO DE TENSIONES DE NODOS
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 1. Utilizar la ley de corrientes de Kirchoff para implementar sistemas de ecuaciones, con incógnitas denominadas “Voltajes de nodos”
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 1. Verificar experimentalmente el método de “Voltajes de nodos”
 2. Obtener datos experimentales de las corrientes y voltajes de una red DC.
 3. Hallar los parámetros eléctricos en un circuito eléctrico dado.
 4. Comparar los resultados teóricos con los resultados experimentales.


	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Ley de voltajes de Kirchhoff.
2. Circuito serie de resistores.
3. Métodos de solución de ecuaciones.

e. PROCEDIMIENTO

1. Con un óhmetro mida la resistencia de cada resistor de la Fig.94 y registre el valor en la tabla N°1
2. Con la fuente de alimentación apagada, arme el circuito de la Fig.94.
3. Encienda la fuente, ajuste la salida de la fuente en 10V manténgase este voltaje durante el experimento.
4. Mida el voltaje en cada resistor, de R1 a R6; anote los valores en la tabla N°1.
5. Según la ley de Ohm y el valor medido de la resistencia, calcule la corriente en cada resistor; registre su respuesta en la tabla N°1.
6. A partir del valor nominal de los resistores y los nodos de la Fig.94, calcule los voltajes de nodos A, B, C, D y registre la respuesta en la tabla N°1. Muestre todos los cálculos en una hoja aparte.
7. Con las repuestas de los nodos A, B, C, D, calcule los voltajes en los resistores.
8. Examinar los resultados obtenidos y emitir conclusiones.
9. Generar el reporte de la práctica realizada.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS


1. Prueba N°1: Circuito de nodos en DC.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

2. Prueba N°1: Circuito de nodos en DC.
Tabla N°1

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. Indique las ventajas de aplicar el método de Voltajes de nodos.
2. ¿Qué sucedería en el análisis si se cambia el nodo de referencia al nodo C?

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CIRCUITO DE NODOS

DIAGRAMA ELÉCTRICO

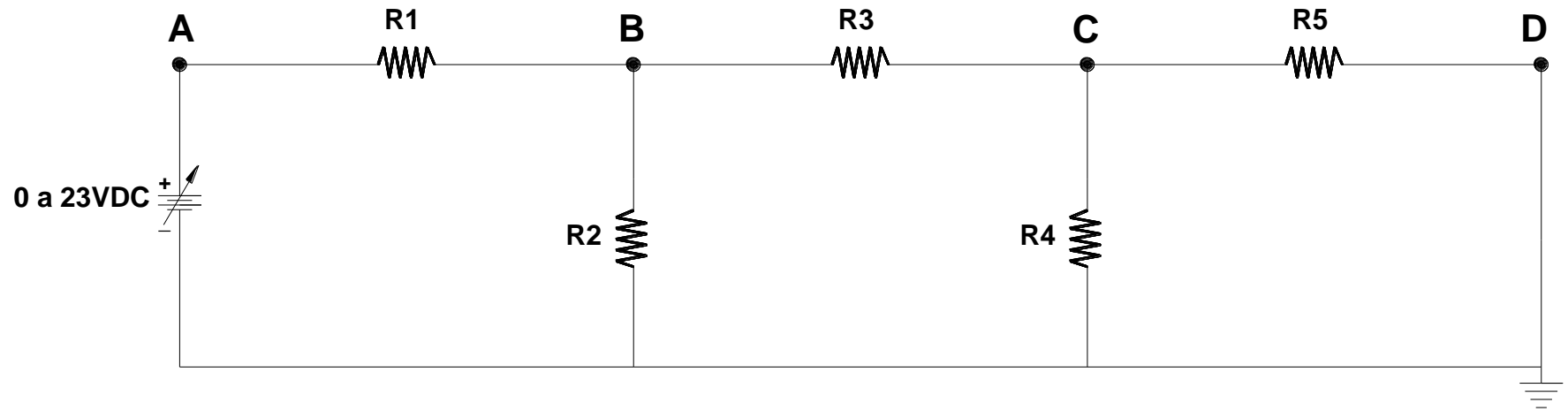


Figura 94. Diagrama eléctrico circuito de nodos. Prueba # 1 – Práctica # 8

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

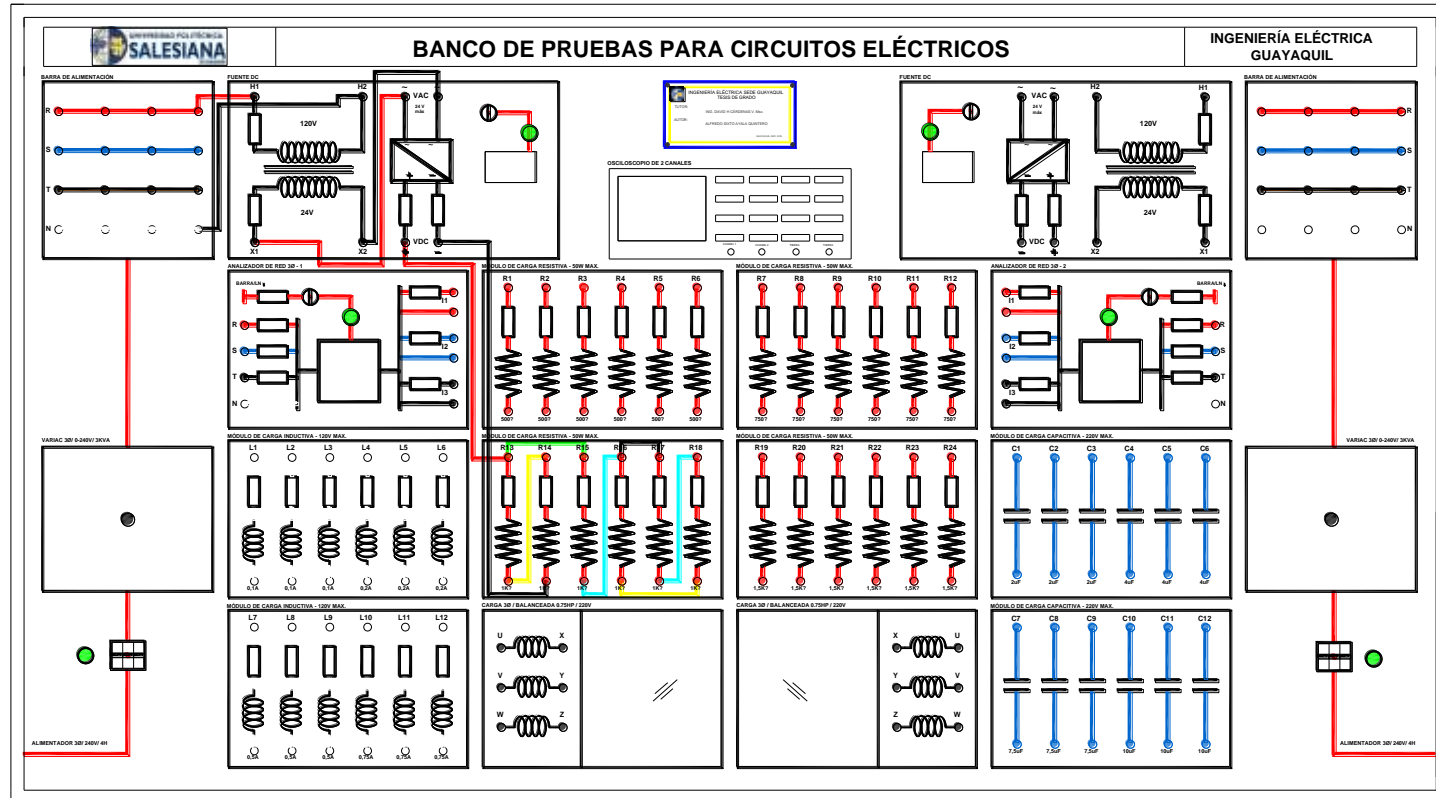


Figura 95. Diagrama de conexión del circuito de nodos. Prueba # 1 – Práctica # 8

Fuente: El autor

**RESULTADOS DEL CIRCUITO DE NODOS
EN CORRIENTE CONTINUA**


TABLA N°1: VERIFICACIÓN DE LOS DATOS EXPERIMENTALES Y TEÓRICOS DE VOLTAJES DE NODOS						
RESISTENCIA DE LOS MÓDULOS [Ω]			CAÍDA DE VOLTAJE (MEDIDA) [V]	CORRIENTE MEDIDA [mA]	VOLTAJE CALCULADO DEL MÉTODO DE NODOS [V]	
RESISTOR	NOMINAL	MEDIDA				
R1	1KΩ	994	6.24	6.19	VR1=VA-VB	6.24
R2	1KΩ	998	3.9	3.87	VR2=VB	3.9
R3	1KΩ	999	2.34	2.33	VR3=VB-VC	2.34
R4	1KΩ	992	1.56	1.56	VR4=VC	1.56
R5	1KΩ	1002	0.78	0.78	VR5=VC-VB	0.78
R6	1KΩ	1000	0.78	0.77	VR6=VD	0.78

Tabla 22. Circuito de nodos. Práctica # 8

CONCLUSIONES

Es importante colocar una referencia de tierra, pues se debe recordar que el voltaje es la diferencia de potencial entre dos puntos.

Se realizaron ecuaciones utilizando como incógnitas los voltajes de nodos.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.11. PRÁCTICA # 9

4.11.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos I
- b. **PRÁCTICA N° 9**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.11.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA EN CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Determinar la máxima transferencia de potencia en corriente continua, cualquier punto de un circuito.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Utilizar el teorema de Thevenin para determinar un circuito equivalente, que represente el comportamiento de un circuito en cualquier punto.
 - 2. Comprobar el correcto funcionamiento del teorema a través de pruebas experimentales.
 - 3. Comprobar resultados teóricos con experimentales.


	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Resistencia equivalente serie y paralelo.
2. Ley de Ohm.
3. Método de corriente de malla.
4. Método de corriente de Kirchhoff.

e. PROCEDIMIENTO

1. Con la fuente apagada, arme el circuito de la Fig.96. Encienda la barra de alimentación y ajuste el voltaje de la fuente a 15V.
2. Para medir el V_{th} desconecte la resistencia R_L y mida el voltaje en los puntos B y C registre el valor en la tabla N°1 en el casillero V_{th} (practico).
3. Para medir la resistencia Thevenin desconecte la fuente de alimentación, desconecte la R_L y una con un conductor (cortocircuito) los puntos A y D, luego mida la resistencia en los puntos B y C este valor regístrelo en la tabla N°1 en el casillero R_{th} (practico).
4. Realice los cálculos teóricos y regístrelos en la tabla N°1 en el casillero R_{th} y V_{th} teóricos.
5. Coloque una R_L , con cuatro valores diferentes (500Ω , 750Ω , 1000Ω , 1500Ω), mida la corriente para cada valor y registre en la tabla N°2.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


6. Encuentre la potencia en RL, utilizando el equivalente Thevenin de los datos teóricos y datos prácticos.
7. Verifique el casillero donde se registre la máxima potencia de RL y compare con la resistencia Thevenin.
8. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
9. Generar reporte.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Teorema de Thevenin.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Teorema de Thevenin.

Tabla N°1

Tabla N°2

i. CUESTIONARIO

1. Indique las ventajas de aplicar el teorema de Thevenin en un circuito.
2. ¿Cuándo se puede determinar el valor de resistencia de carga que se debe colocar en un circuito para obtener la mayor potencia del mismo?
3. Compare el teorema de Thevenin con una fuente real de voltaje, emita sus opiniones.

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: TEOREMA DE THEVENIN

DIAGRAMA ELÉCTRICO

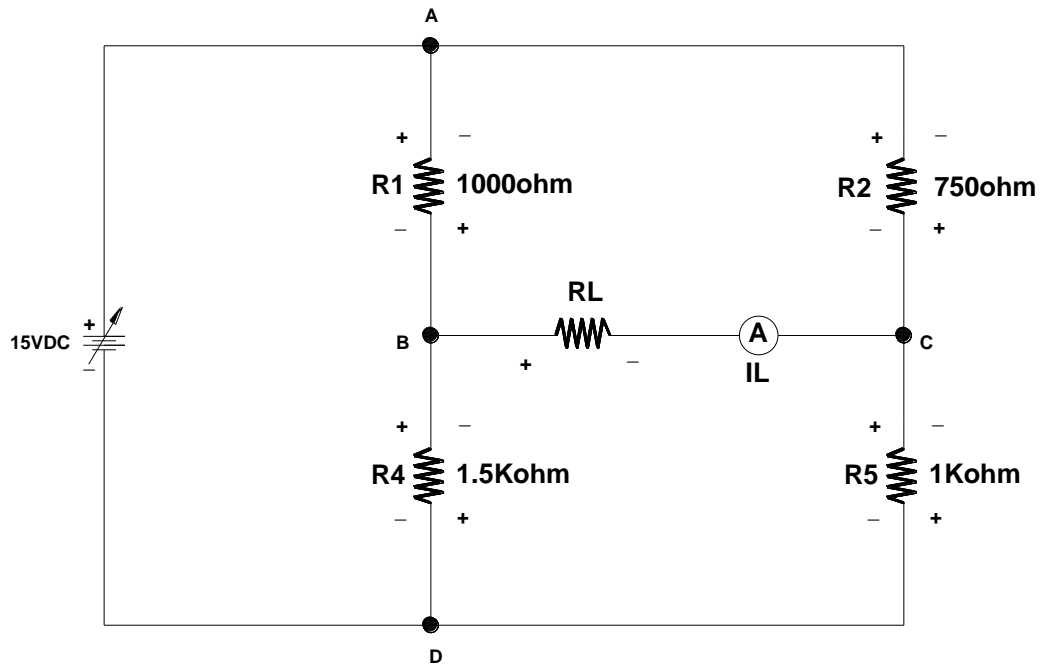


Figura 96. Diagrama eléctrico teorema de Thevenin. Prueba # 1 – Práctica # 9

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

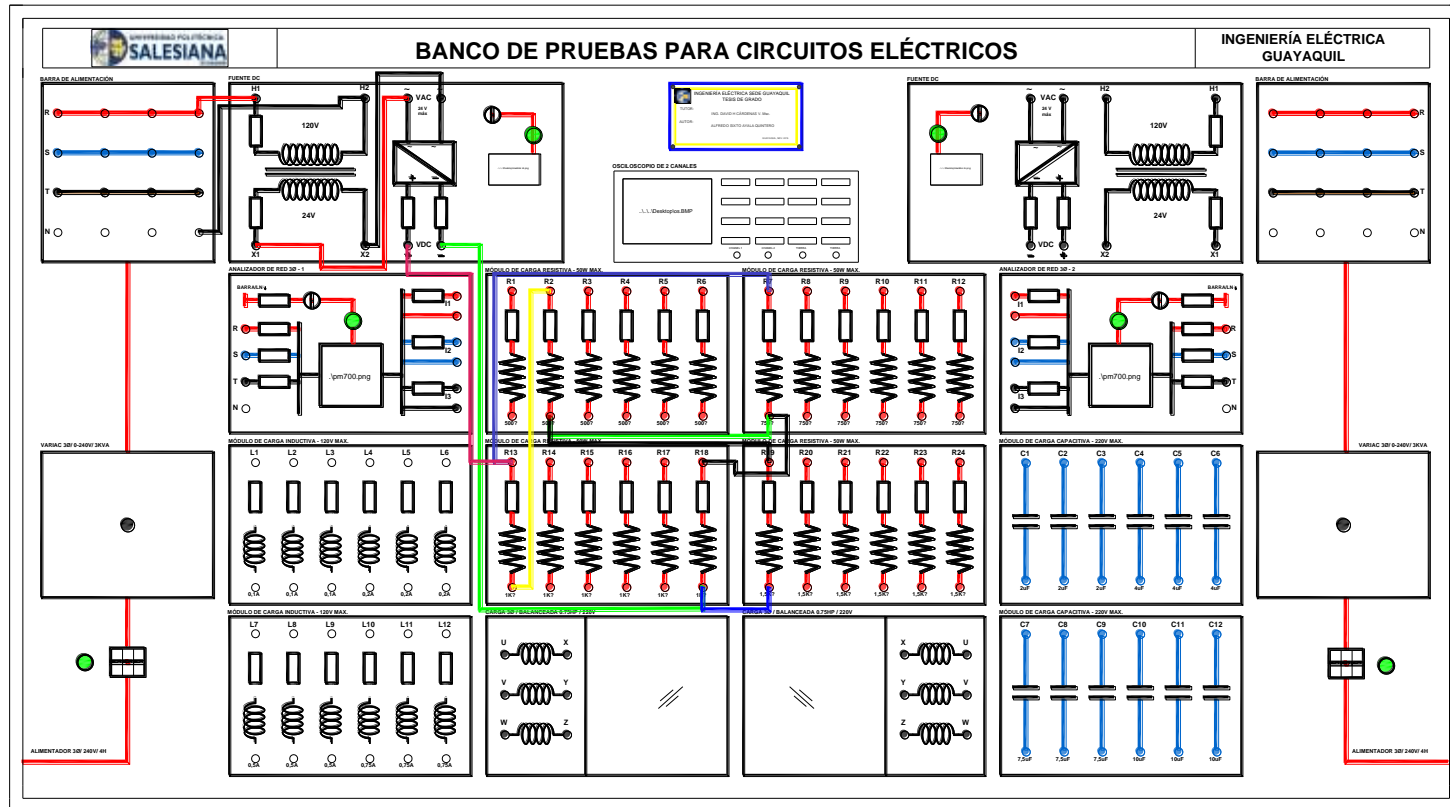


Figura 97. Diagrama de conexión teorema de Thevenin. Prueba # 1 – Práctica # 9

Fuente: El autor

**RESULTADOS LA PRUEBA DEL TEOREMA DE THEVENIN
EN EL BANCO DE PRUEBAS PARA CIRCUITOS ELÉCTRICOS**

TABLA N°1: MEDICIONES DEL TEOREMA DE THEVENIN		
VALORES	Rth [Ω]	Vth [V]
TEÓRICOS	1029	0.42
PRÁCTICOS	1028	0.454

Tabla 23. Teorema de Thevenin. Práctica # 9

TABLA N°2: MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA					
RL [Ω] TEÓRICO	RL [Ω] MEDIDO	IL [mA] TEÓRICO	IL [mA] MEDIDO	POTENCIA EN RL (TEÓRICO)	POTENCIA EN RL (PRACTICO)
500	518.6	0.274	0.29	36.45uW	46uW
750	754	0.236	0.25	41.77uW	47uW
1000	1002	0.207	0.23	42.85uW	53uW
1500	1508	0.166	0.18	41.33uW	48.6uW


Tabla 24. Máxima transferencia de potencia. Práctica # 9

CONCLUSIONES

Mediante el teorema de Thevenin podemos reducir los cálculos en un punto específico de un circuito.

También podemos determinar la resistencia de carga que debemos colocar en los terminales de cualquier parte de un circuito para obtener la máxima potencia del mismo.

Para encontrar teóricamente los valores de R_{th} y V_{th} se puede utilizar cualquier método de solución de circuitos, dependiendo de la dificultad del mismo.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.12. PRÁCTICA # 10

4.12.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 10**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.12.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO, CAPACITIVO EN CORRIENTE ALTERNA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Comprobar el comportamiento de los resistores, inductores y capacitores, trabajando en corriente alterna sinusoidal.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Medir los parámetros eléctricos de resistencia, capacitancia, voltaje y corriente.
 - 2. Graficar fasorialmente el voltaje y corriente en cada elemento.
 - 3. Representar en forma sinusoidal el comportamiento de voltaje y corriente.


	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Números complejos.
2. Impedancia eléctrica.
3. Fasores.

e. PROCEDIMIENTO

1. Realice el circuito mostrado en la Fig.98, con los respectivos datos indicados.
2. Llene los datos indicados en la tabla N1-A de forma teórica y práctica.
3. Realice el paso 1 y 2 con los circuitos mostrados de los concisos (b) y (c) y llene sus tablas respectivas.
4. En el plano complejo grafique los fasores de voltaje y corriente en cada circuito.
5. En el oscilograma mostrado grafique la señal de voltaje y corriente en función del tiempo.
6. Realice los pasos 4 y 5 para el circuito inductivo y capacitivo respectivamente.
7. Examinar los resultados obtenidos y emitir conclusiones.
8. Generar el reporte de la práctica realizada.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS


1. Prueba N°1: Circuito resistivo en corriente alterna.
2. Prueba N°2: Circuito inductivo en corriente alterna.
3. Prueba N°3: Circuito capacitivo en corriente alterna.
4. Análisis y Conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Circuito resistivo, inductivo, capacitivo en A.C.
Tabla N°1-A
Tabla N°2-B
Tabla N°2-C

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. Indique la relación entre el voltaje y la corriente en una resistencia.
2. Indique la relación entre el voltaje y la corriente en un inductor.
3. Indique la relación entre el voltaje y la corriente en un capacitor.

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CIRCUITO RESISTIVO EN CORRIENTE ALTERNA.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

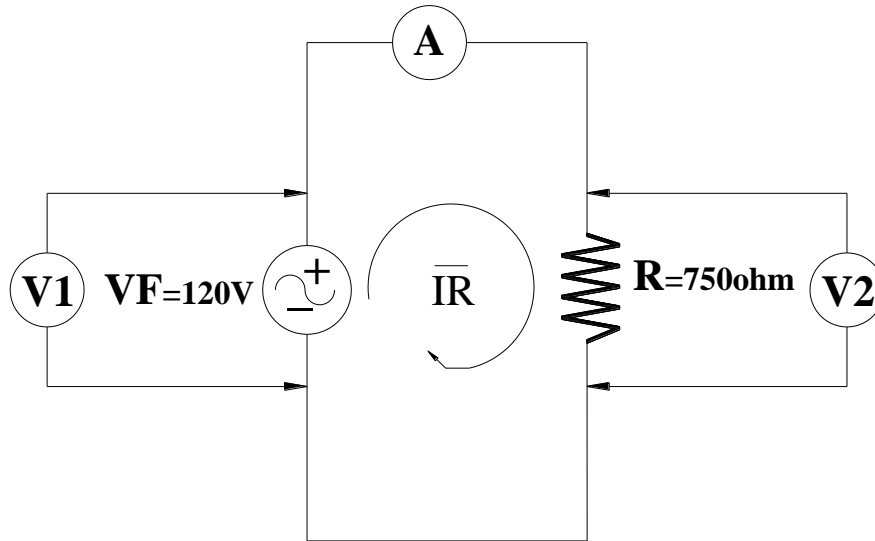


Figura 98. Diagrama eléctrico circuito resistivo en corriente alterna. Prueba # 1 – Práctica # 10

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

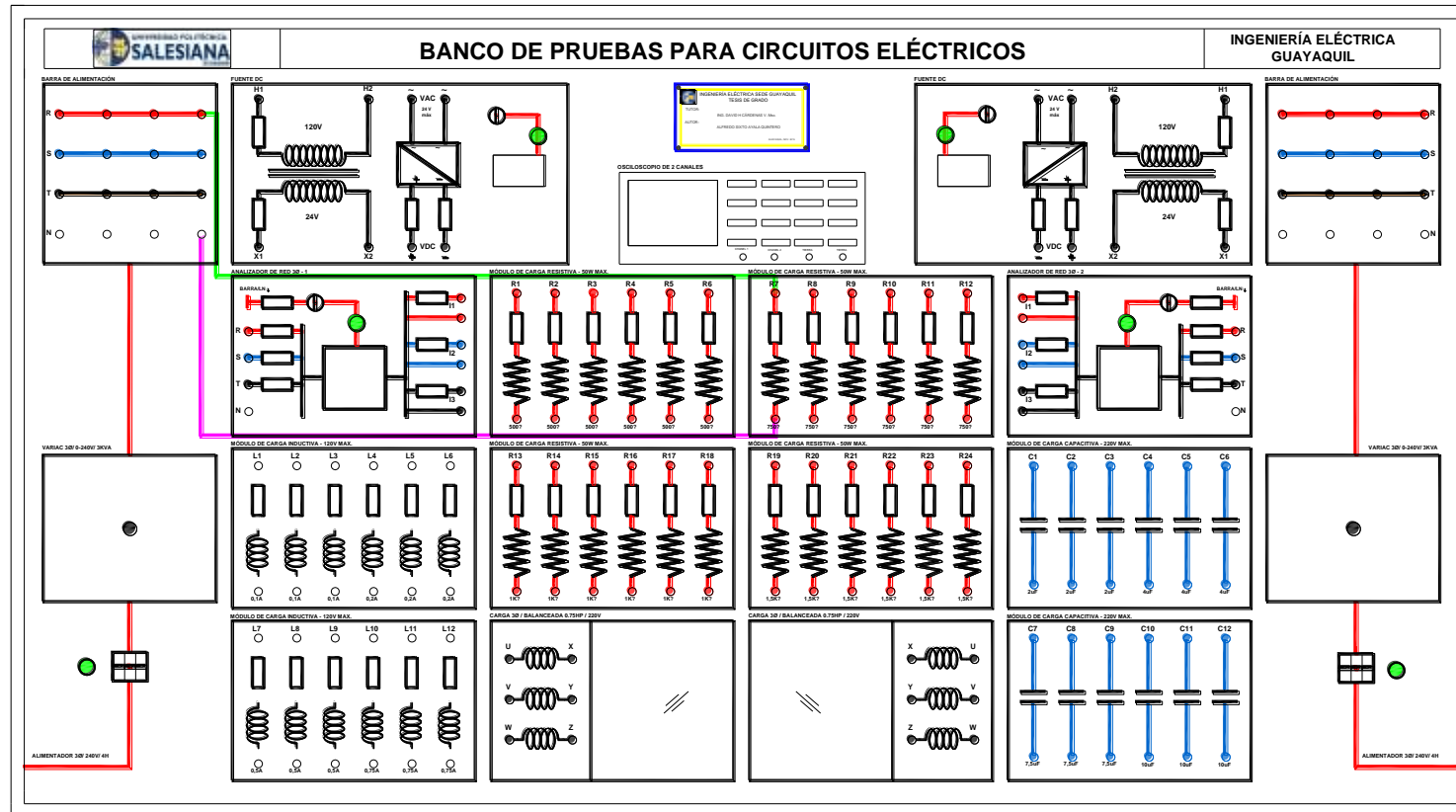


Figura 99. Diagrama de conexión circuito resistivo en corriente alterna. Prueba # 1 – Práctica # 10

Fuente: El autor

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL CIRCUITO
RESISTIVO EN CORRIENTE ALTERNA**

TABLA N°1-A: CIRCUITO RESISTIVO EN CORRIENTE ALTERNA										
PARÁMETROS	R [Ω]	V _F [V]	V ₁ [V]	V ₂ [V]	A [mA]	\bar{I}_R [mA]	\bar{V}_R [V]	F [Hz]	i_R [t]	V_R [t]
TEÓRICOS	750	120	120	120	0.16	$0.16\angle 0^\circ$	$120\angle 0^\circ$	60	$0.226\text{Sen}(377t)$	$169.7\text{Sen}(377t)$
PRÁCTICOS	754	120.8	120.8	120.8	0.160	$0.160\angle 0^\circ$	$120.8\angle 0^\circ$	60	$0.226\text{Sen}(377t)$	$170.8\text{Sen}(377t)$

Tabla 25. Circuito resistivo en corriente alterna. Práctica # 10

DIAGRAMA FASORIAL Y OSCILOGRAMA

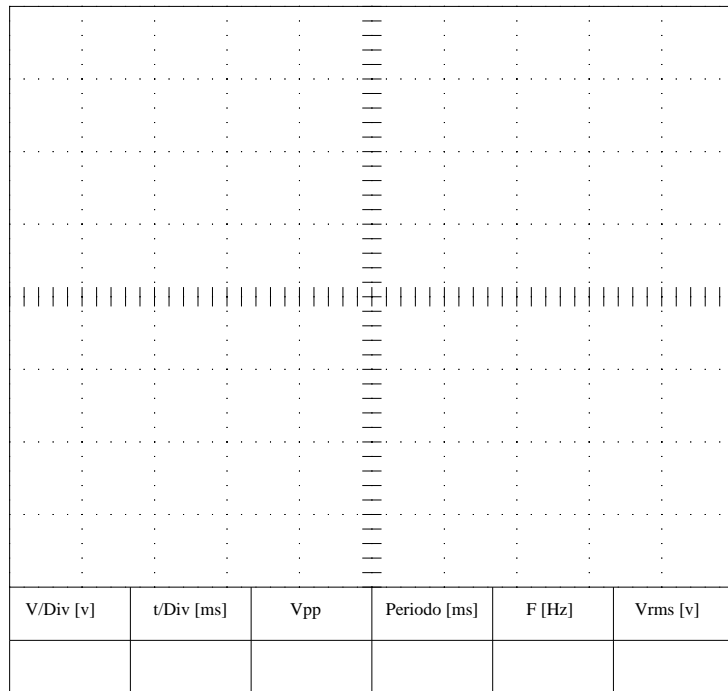
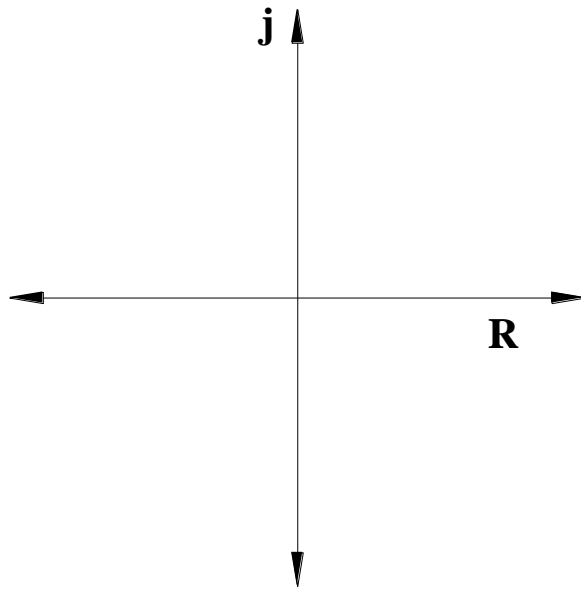


Figura 100. Oscilograma del circuito resistivo

PRUEBA N°2: CIRCUITO INDUCTIVO EN CORRIENTE ALTERNA.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

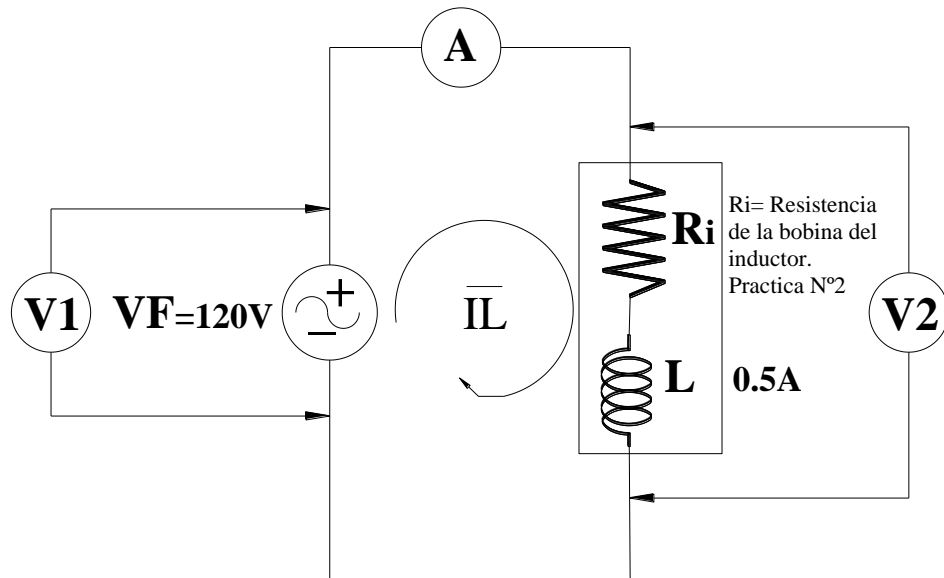


Figura 101. Diagrama eléctrico circuito inductivo en corriente alterna. Prueba # 2 – Práctica # 10

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

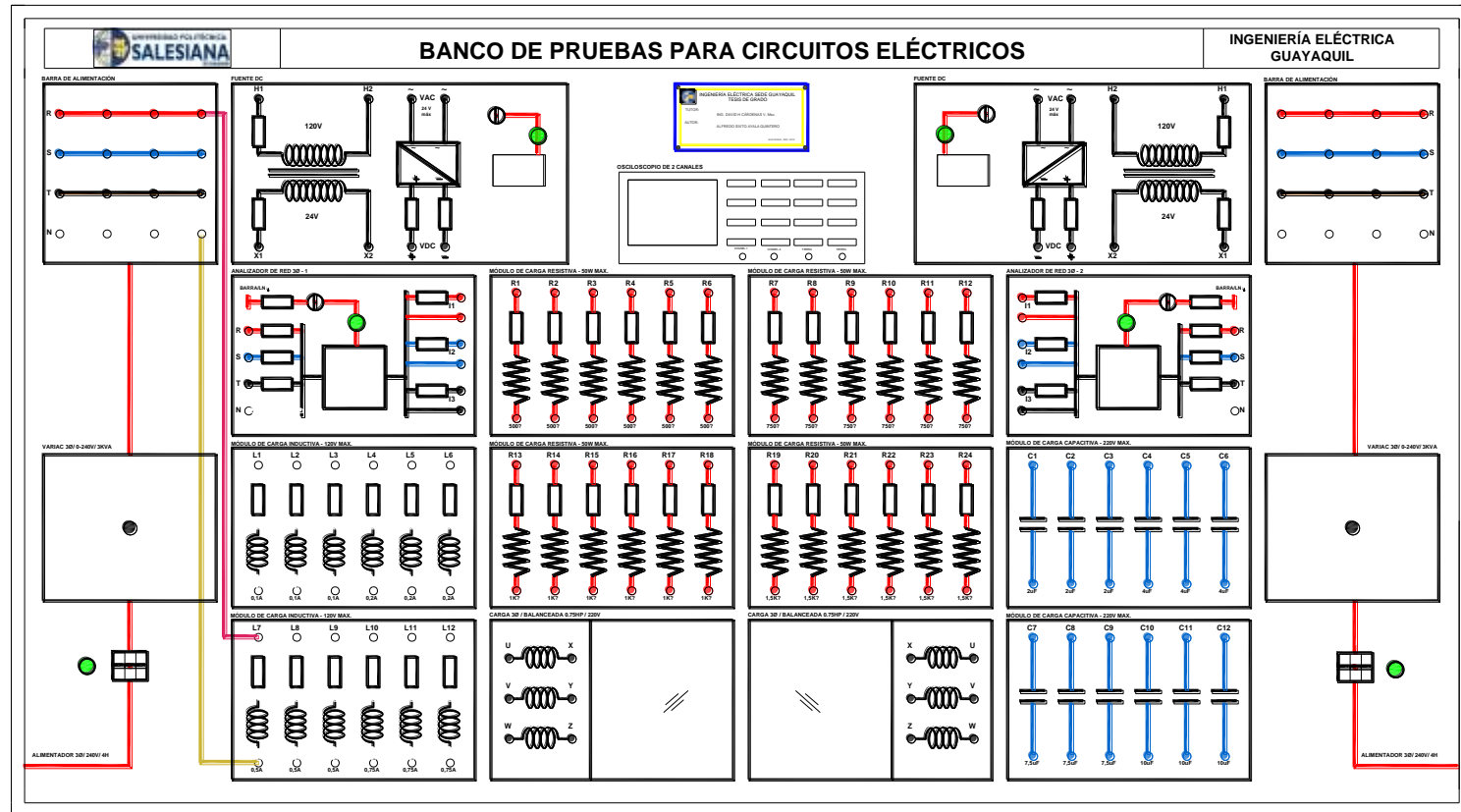


Figura 102. Diagrama de conexión circuito inductivo en corriente alterna. Prueba # 2 – Práctica # 10

Fuente: El autor

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL CIRCUITO
INDUCTIVO EN CORRIENTE ALTERNA**

TABLA N°1-B: CIRCUITO INDUCTIVO EN CORRIENTE ALTERNA											
PARÁMETROS	Ri [Ω]	L [mH]	Vf [V]	V1 [V]	V2 [V]	A [mA]	\bar{I}_L [mA]	\bar{V}_L [V]	F [Hz]	i_L [t]	V_L [t]
TEÓRICOS	9.7	0.66121	115	115	115	0.461	$0.461 \angle 90^\circ$	$115 \angle 0^\circ$	60	$0.651 \text{Sen}(377t+90^\circ)$	$162.63 \text{Sen}(377t)$
PRÁCTICOS	9.7	0.66121	115.5	115.5	115.5	0.463	$0.463 \angle 90^\circ$	$115.5 \angle 0^\circ$	60	$0.654 \text{Sen}(377t+90^\circ)$	$163.54 \text{Sen}(377t)$

Tabla 26. Circuito inductivo en corriente alterna. Práctica # 10

DIAGRAMA FASORIAL Y OSCIOLOGRAMA

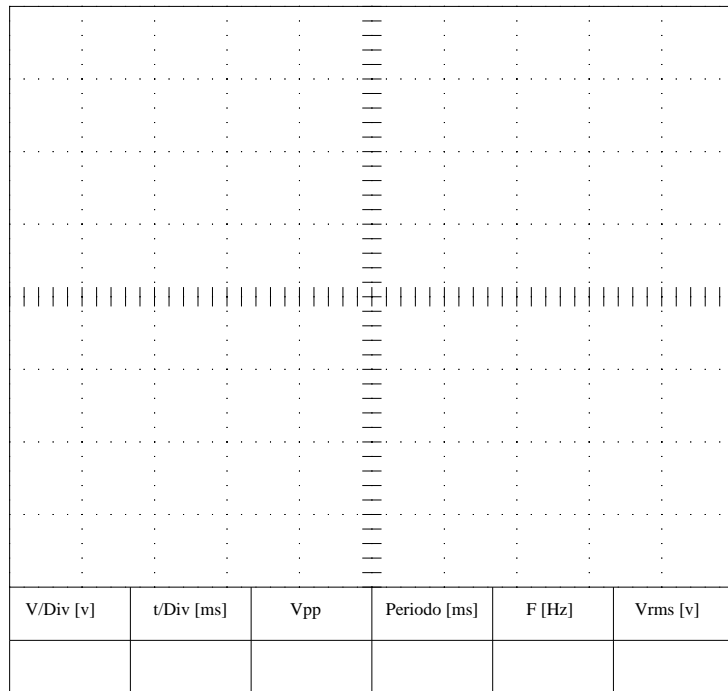
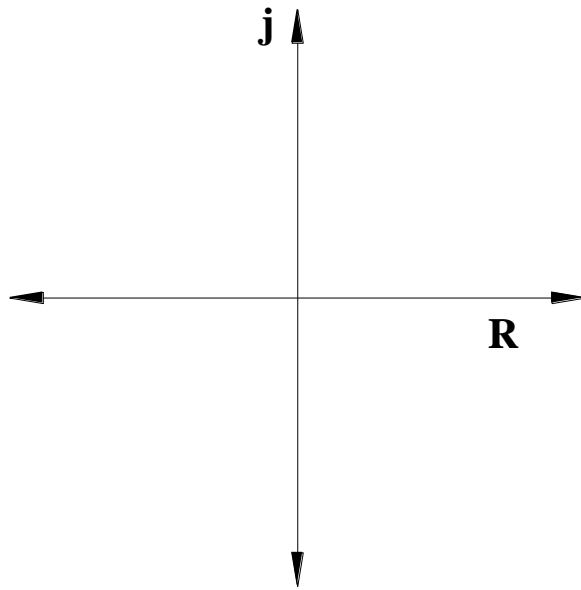


Figura 103. Oscilograma del circuito inductivo

PRUEBA N°3: CIRCUITO CAPACITIVO EN CORRIENTE ALTERNA.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

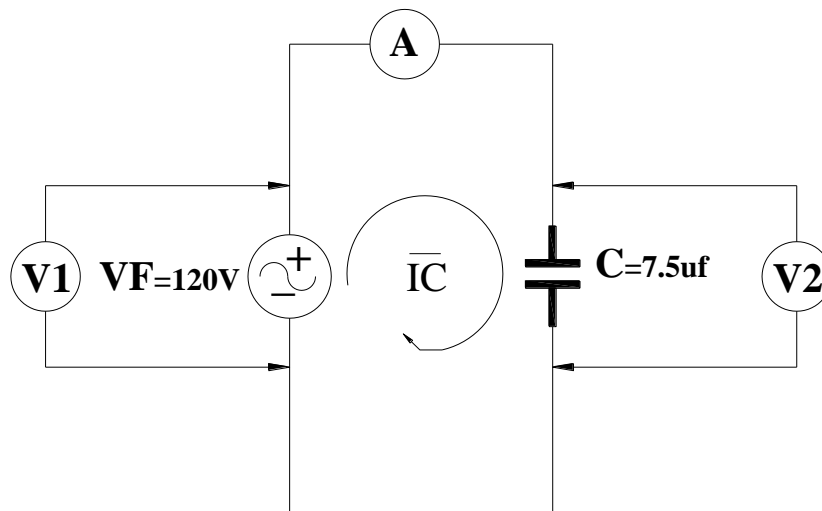


Figura 104. Diagrama eléctrico circuito capacitivo en corriente alterna. Prueba # 3 – Práctica # 10

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

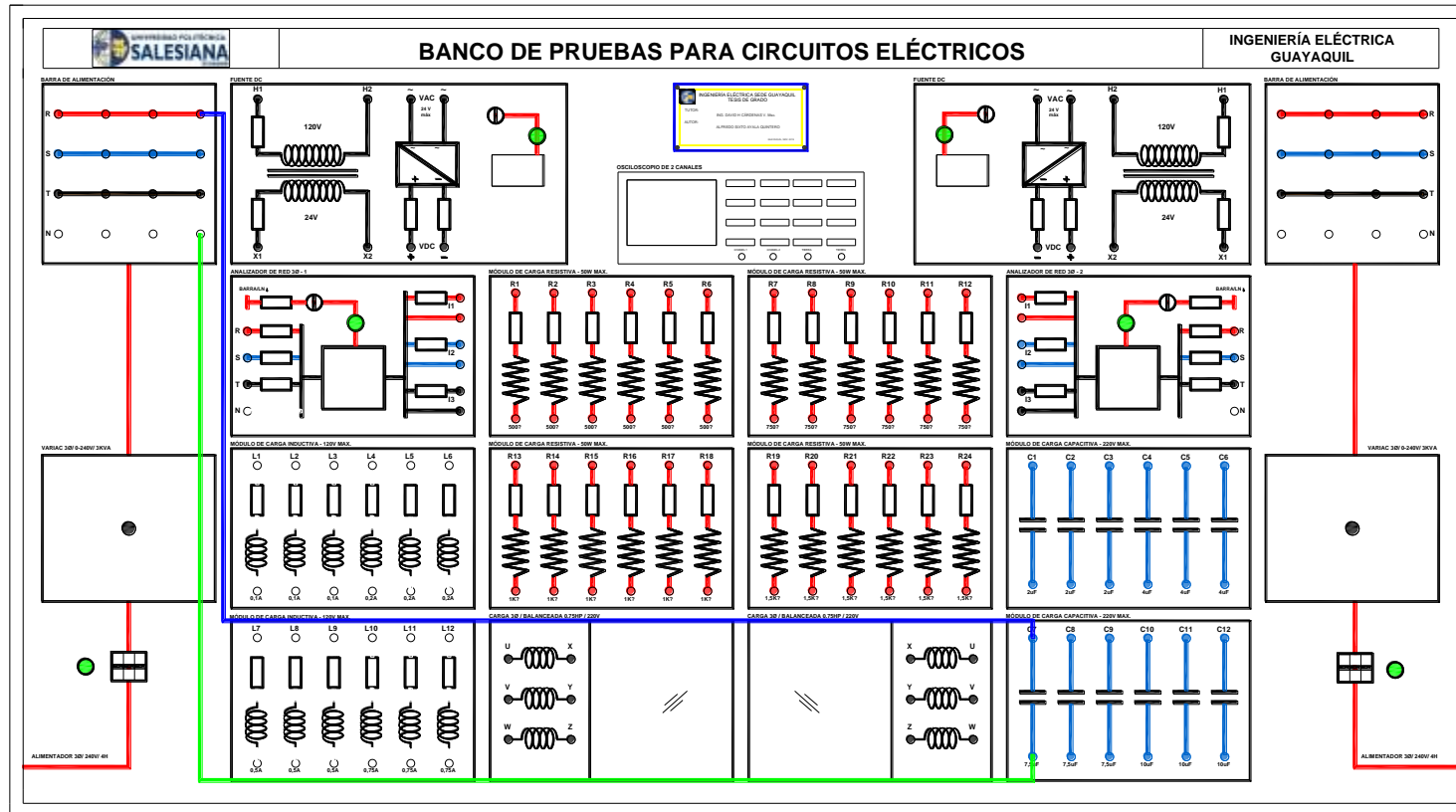


Figura 105. Diagrama de conexión circuito capacitivo en corriente alterna. Prueba # 3 – Práctica # 10

Fuente: El autor

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL CIRCUITO
CAPACITIVO EN CORRIENTE ALTERNA**

TABLA N°1-C: CIRCUITO CAPACITIVO EN CORRIENTE ALTERNA										
PARÁMETROS	C [uf]	V _F [V]	V ₁ [V]	V ₂ [V]	A [Amp]	\bar{I}_C [Amp]	\bar{V}_C [V]	F [Hz]	i_c [t]	V_c [t]
TEÓRICOS	7.5uf	120	120	120	0.343	$0.343\angle -90^\circ$	$120\angle 0^\circ$	60	$0.485\text{Sen}(377t-90^\circ)$	$169\text{Sen}(377t)$
PRÁCTICOS	7.6uf	120.3	120.3	120.3	0.348	$0.348\angle -90^\circ$	$120.3\angle 0^\circ$	60	$0.492\text{Sen}(377t-90^\circ)$	$170.12\text{Sen}(377t)$

Tabla 27. Circuito capacitivo en corriente alterna. Práctica # 10

DIAGRAMA FASORIAL Y OSCILOGRAMA

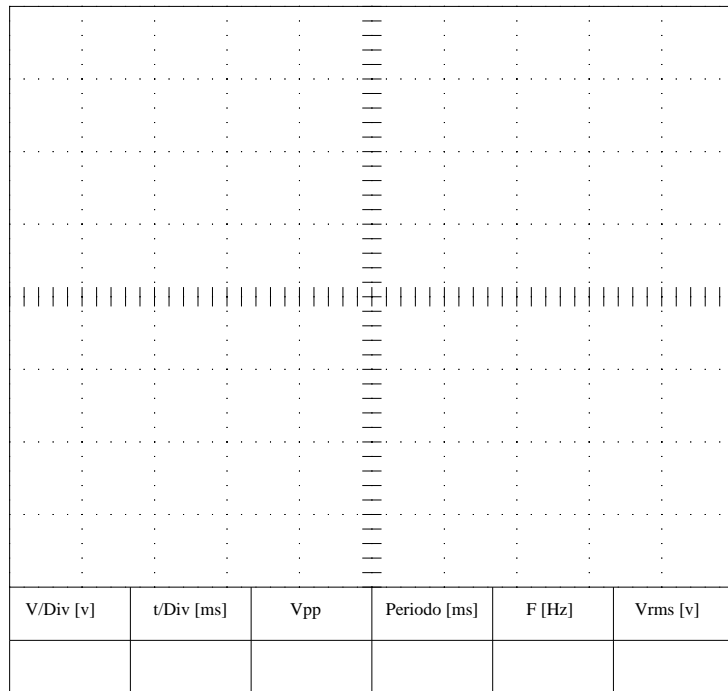
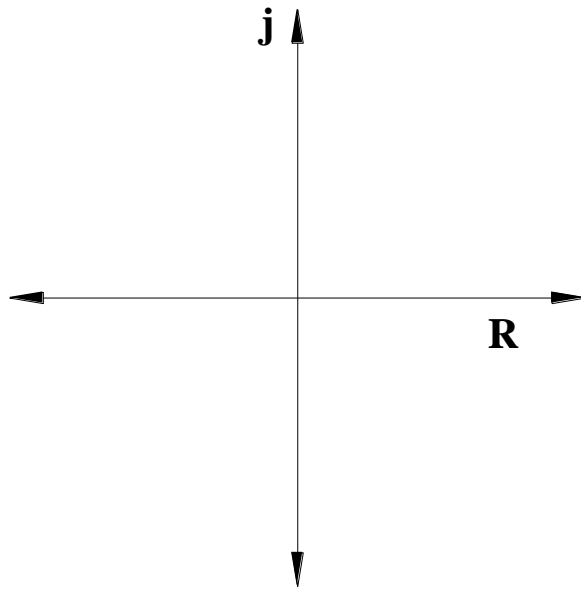



Figura 106. Oscilograma del circuito capacitivo

CONCLUSIONES

El resistor en corriente alterna tiene el mismo comportamiento que en corriente continua.

El inductor se comporta como una “resistencia” adicional a la red, llamada reactancia inductiva (X_L).

El capacitor se comporta como una “resistencia” que se opone al paso de la corriente, llamada reactancia capacitiva (X_C).

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.13. PRÁCTICA # 11

4.13.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 11**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.13.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO Y CAPACITIVO EN SERIE.
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 1. Comprobar de forma experimental la ley de voltajes de Kirchhoff en corriente alterna.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 1. Verificar experimentalmente el comportamiento de una impedancia serie, conformada por un resistor, un inductor y un capacitor.
 2. Demostrar la relación de voltajes y corrientes en un circuito serie.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO


1. Ley de voltajes de Kirchhoff en corriente alterna.
2. Impedancia eléctrica.

e. PROCEDIMIENTO

1. Realice el circuito mostrado en la Fig.107, con los respectivos datos indicados.
2. Realice las mediciones de voltajes y corrientes y llene la tabla de datos N°1.
3. Con los valores teóricos y prácticos llene la tabla N°2 de fasores y datos en función del tiempo.
4. En el plano cartesiano grafique los fasores prácticos de la tabla N°2.
5. En el oscilograma mostrado grafique las señales de voltajes y corrientes en función del tiempo (datos prácticos).
6. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
7. Generar el reporte de práctica realizada.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie.
2. Análisis y conclusiones.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

g. RECURSOS


1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie.
Tabla N°1
Tabla N°2

i. CUESTIONARIO

1. Compruebe la ley de voltajes de Kirchhoff con los datos obtenidos de los voltímetros, tabla N°1 valores prácticos.
 $V_1 = V_2 + V_3 + V_4$
2. Compruebe la ley de voltajes de Kirchhoff con los datos obtenidos en la tabla N°2 datos prácticos. $\overline{V_F} = \overline{V_R} + \overline{V_L} + \overline{V_C}$
3. Compruebe el punto 1 y 2 de las conclusiones ¿Con cuál de los dos puntos resulta conveniente la ley de voltajes de Kirchhoff?, indique las justificaciones.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO Y CAPACITIVO EN SERIE.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

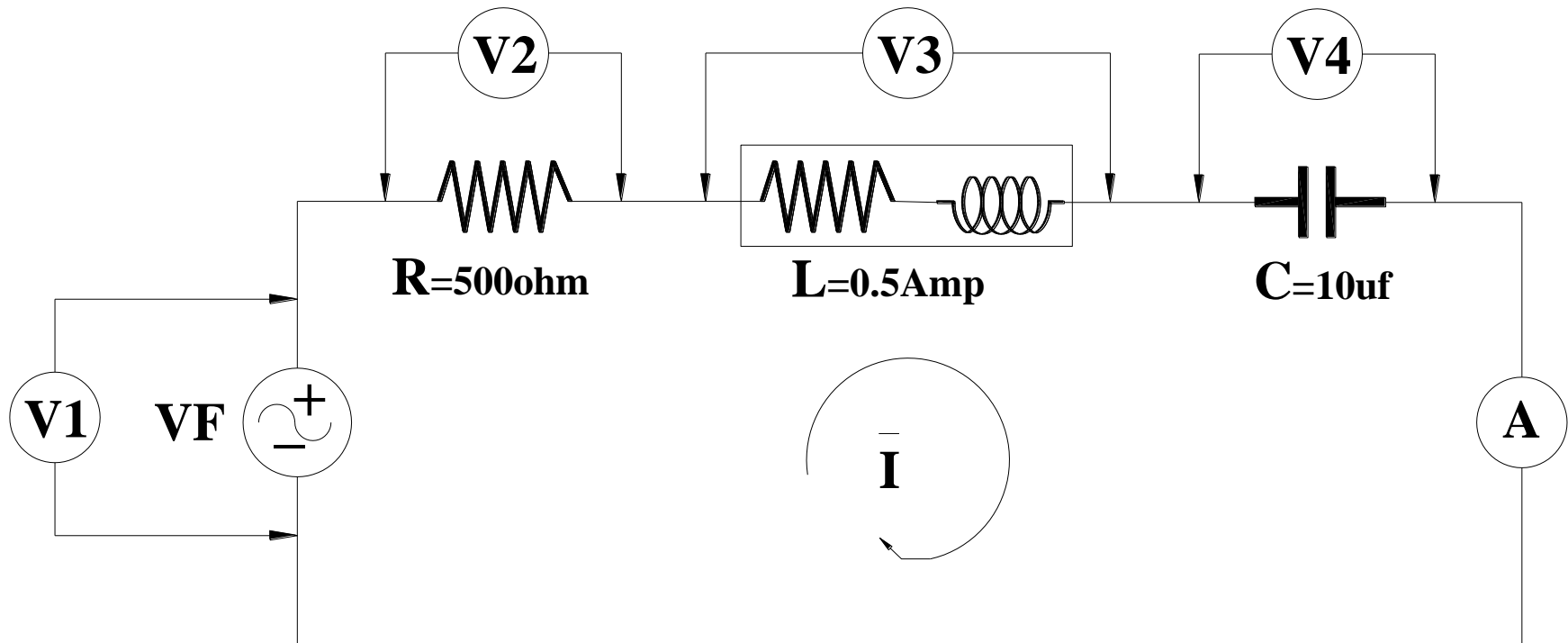


Figura 107. Diagrama eléctrico circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie. Prueba # 1 – Práctica # 11

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

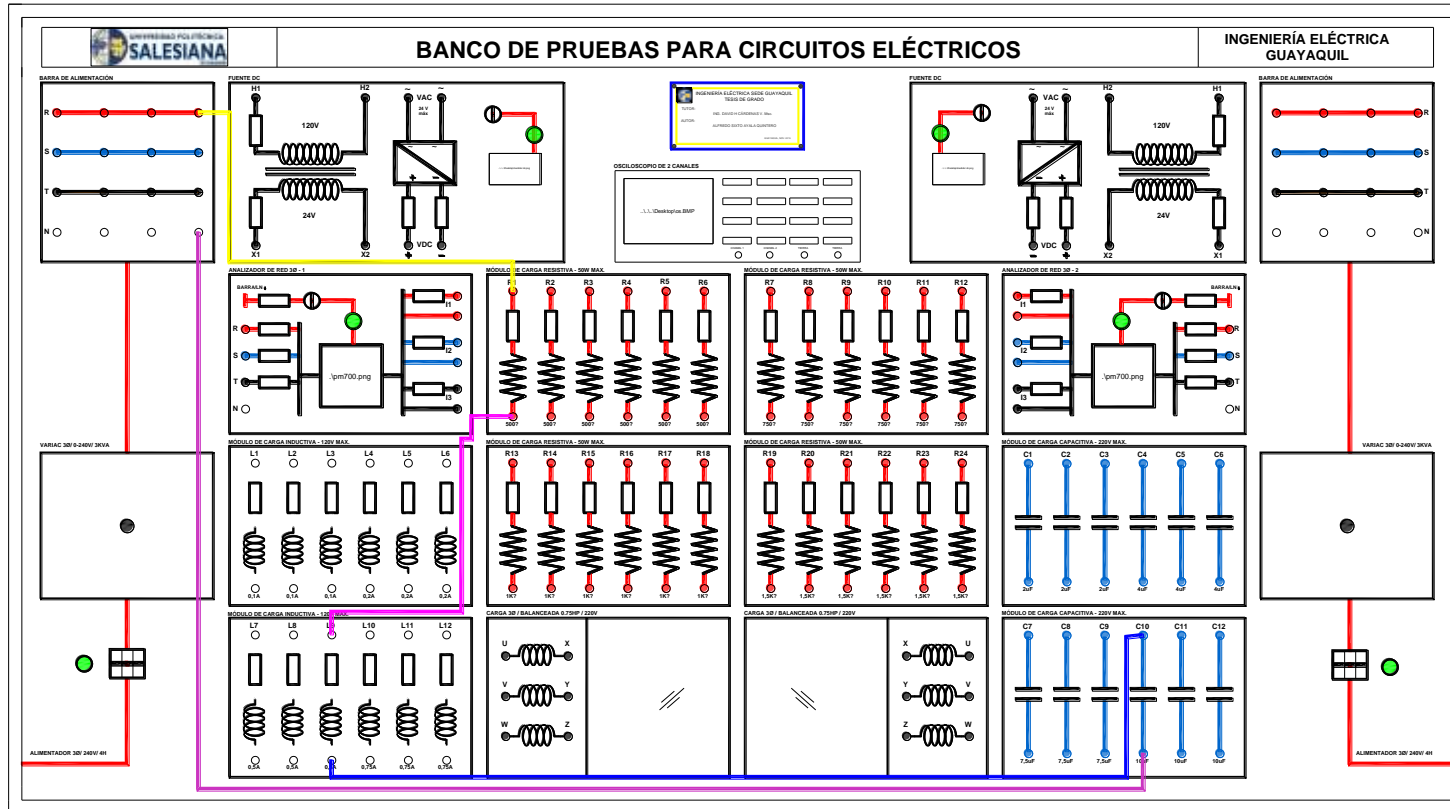


Figura 108. Diagrama de conexión circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie. Prueba # 1 – Práctica # 11

Fuente: El autor

RESULTADOS DEL CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO Y CAPACITIVO EN SERIE

TABLA N°1: CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO Y CAPACITIVO EN SERIE											
PARÁMETROS	R [Ω]	INDUCTOR		C [μ f]	VF [V]	V1 [V]	V2 [V]	V3 [V]	V4 [V]	A [Amp]	F [Hz]
		Ri [Ω]	L [mH]								
TEÓRICOS	500	8.3	1552.536	10	120	119.999	101	118.243	53.580	0.202	60
PRÁCTICOS	528.2	8.3	1552.536	10.2	121	121	109.4	70.3	53.32	0.205	60

Tabla 28. Circuito RLC en serie. Práctica # 11

TABLA N°2: VALORES FASORIAL Y EN FUNCIÓN DEL TIEMPO										
PARÁMETROS	$\overline{V_F}$ [V]	$\overline{V_R}$ [V]	$\overline{V_L}$ [V]	$\overline{V_C}$ [V]	V_F [t]	V_R [t]	V_L [t]	V_C [t]	\bar{I}	I [t]
TEÓRICOS	$120\angle 0^\circ$	$101\angle -32.62^\circ$	$118.243\angle 56.56^\circ$	$53.580\angle -122.580^\circ$	$169.70\text{Sen}(377t)$	$142.835\text{Sen}(377t-32.62^\circ)$	$167.220\text{Sen}(377t+56.56^\circ)$	$75.773\text{Sen}(377t-122.62^\circ)$	$0.202\angle -32.62^\circ$	$0.285\text{Sen}(377t-32.62^\circ)$
PRÁCTICOS	$121\angle 0^\circ$	$109.4\angle -32.62^\circ$	$70.3\angle 56.56^\circ$	$53.32\angle -122.580^\circ$	$171.11\text{Sen}(377t)$	$154.71\text{Sen}(377t-32.62^\circ)$	$99.41\text{Sen}(377t+56.56^\circ)$	$75.40\text{Sen}(377t-122.62^\circ)$	$0.205\angle -32.62^\circ$	$0.289\text{Sen}(377t-32.62^\circ)$

Tabla 29. Valores fasorial y en función del tiempo. Práctica # 11

DIAGRAMA FASORIAL Y OSCIOGRAMA

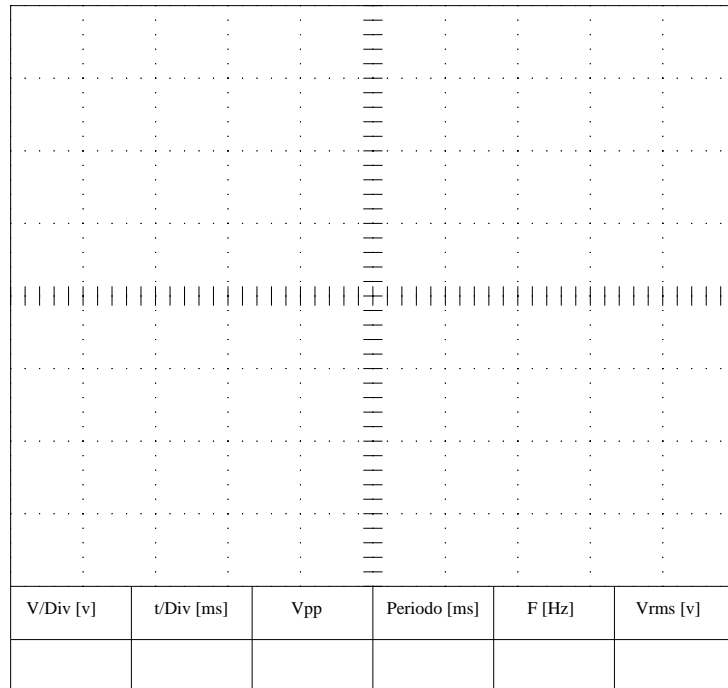
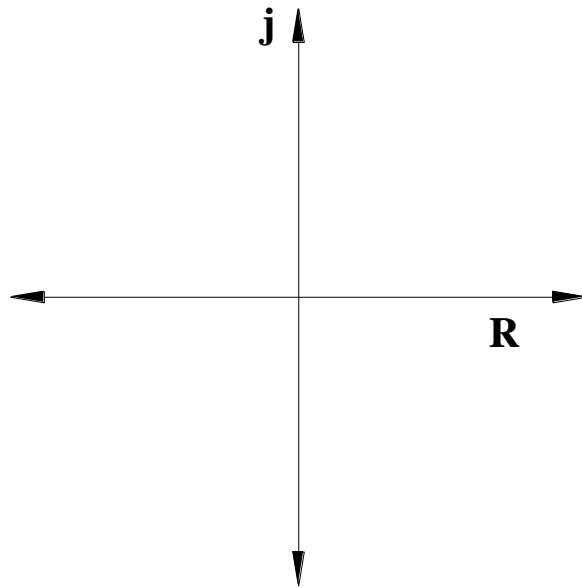



Figura 109. Oscilograma del circuito resistivo, inductivo y capacitivo en serie

CONCLUSIONES

Para este análisis de circuito resistivo, inductivo y capacitivo se necesita tener conocimiento de la ley de voltajes de Kirchhoff en corriente alterna es fundamental para la solución de este tipo de circuitos.

Se demuestra que la ley de Kirchhoff en corriente alterna se cumple como en corriente continua, hay que tener claro que en corriente alterna los parámetros son fasores. Por lo tanto, la suma es fasorial, no resulta la ley de voltajes de Kirchhoff si se suman solo las magnitudes sin tomar en cuenta los ángulos.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.14. PRÁCTICA # 12

4.14.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 12**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.14.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO Y CAPACITIVO EN PARALELO.
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Comprobar de forma experimental la ley de corrientes de Kirchhoff en corriente alterna.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Verificar experimentalmente el comportamiento de una impedancia en paralelo, conformada por un resistor, un inductor y un capacitor.
 - 2. Demostrar la relación de voltajes y corrientes en un circuito paralelo.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO


1. Ley de corrientes de Kirchhoff en corriente alterna.
2. Impedancia eléctrica.

e. PROCEDIMIENTO

1. Realice el circuito mostrado en la Fig.110, con los respectivos datos indicados.
2. Realice las mediciones de voltajes y corrientes y llene la tabla de datos N°1.
3. Con los valores teóricos y prácticos llene la tabla N°2 de fasores y datos en función del tiempo.
4. En el plano cartesiano grafique los fasores prácticos de la tabla N°2.
5. En el oscilograma mostrado grafique las señales de voltajes y corrientes en función del tiempo (datos prácticos).
6. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
7. Generar el reporte de práctica realizada.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo.
2. Análisis y conclusiones.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS


1. Prueba N°1: Circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo.

Tabla N°1

Tabla N°2

i. CUESTIONARIO

1. Compruebe la ley de corrientes de Kirchhoff con los datos obtenidos de los amperímetros, tabla N°1 valores prácticos. $A_1 = A_2 + A_3 + A_4$
2. Compruebe la ley de corrientes de Kirchhoff con los datos obtenidos en la tabla N°2 datos prácticos. $\overline{IF} = \overline{IR} + \overline{IL} + \overline{IC}$
3. Compruebe el punto 1 y 2 de las conclusiones ¿Con cuál de los dos puntos resulta conveniente la ley de corrientes de Kirchhoff?, indique las justificaciones.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO Y CAPACITIVO EN PARALELO.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

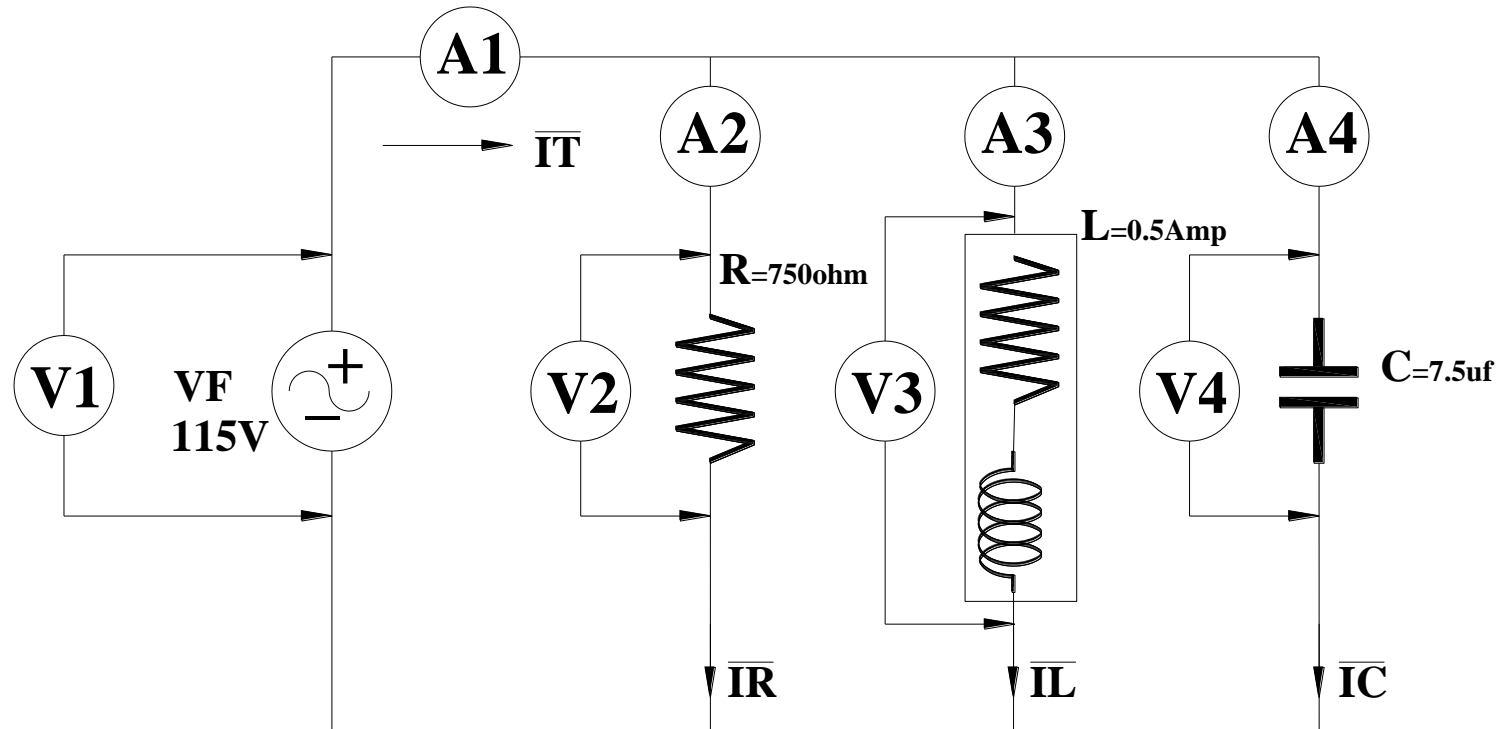


Figura 110. Diagrama eléctrico del circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo. Prueba # 1 – Práctica # 12

Fuente: El autor

Precaución: Valor de voltaje máximo de la fuente es 115V.
(recordar valores de voltajes de inductores de la Practica # 2)

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

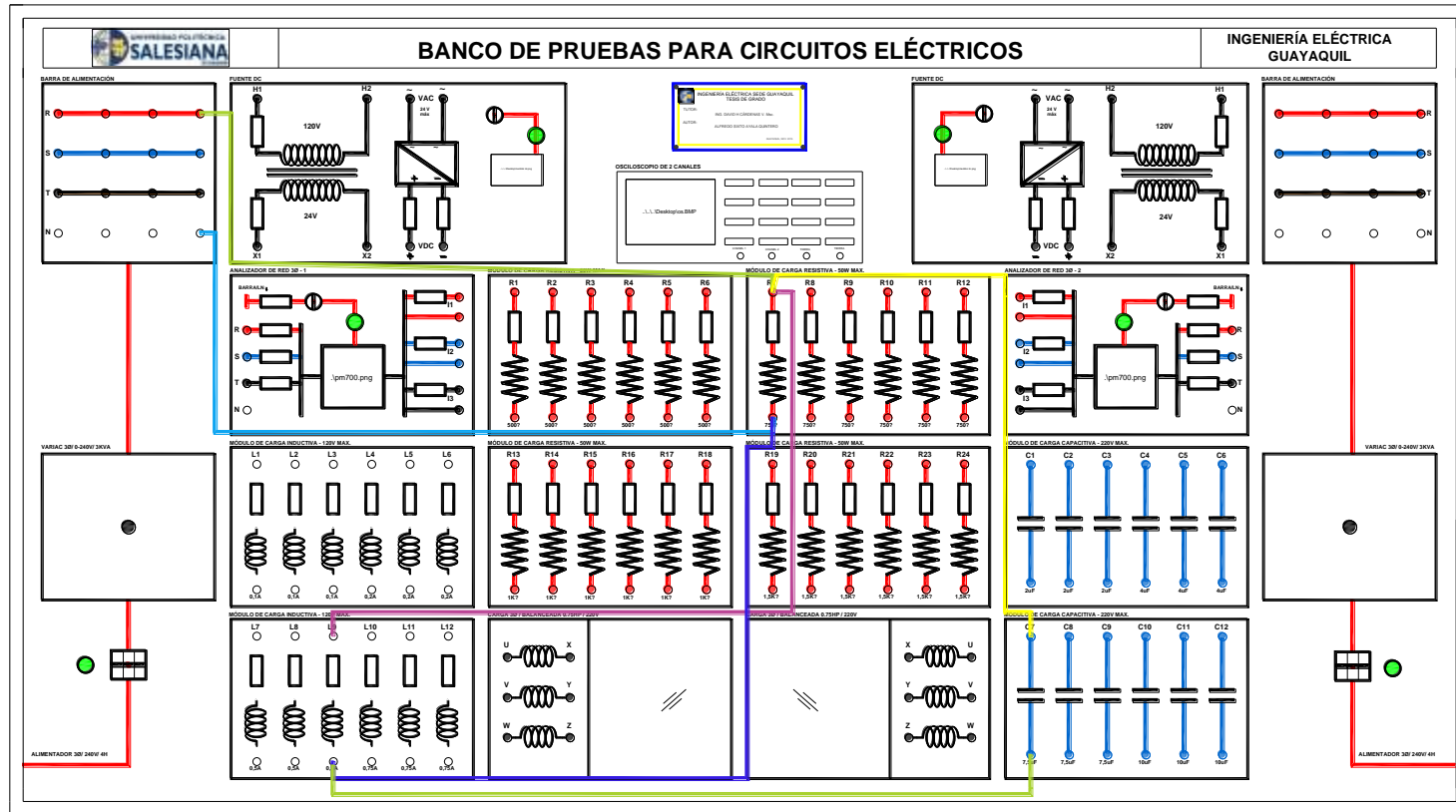


Figura 111. Diagrama de conexión del circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo. Prueba # 1 – Práctica # 12

Fuente: El autor

RESULTADOS DEL CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO Y CAPACITIVO EN PARALELO

TABLA N°1: CIRCUITO RESISTIVO, INDUCTIVO Y CAPACITIVO EN PARALELO											
PARÁMETROS	R [Ω]	INDUCTOR		C [μ f]	IT [Amp]	A1 [Amp]	A2 [Amp]	A3 [Amp]	A4 [Amp]	VF [V]	F [Hz]
		Ri [Ω]	L [mH]								
TEÓRICOS	750	8.1	1219.969	7.5	0.152	0.152	0.153	0.25	0.325	115	60
PRÁCTICOS	749	8.1	1219.969	7.6	0.150	0.150	0.154	0.25	0.3312	115	60

Tabla 30. Circuito RLC en paralelo. Práctica # 12

TABLA N°2: VALORES FASORIAL Y EN FUNCIÓN DEL TIEMPO										
PARÁMETROS	\bar{I}_T [Amp]	\bar{I}_R [Amp]	\bar{I}_L [Amp]	\bar{I}_C [Amp]	I_T [t]	I_R [t]	I_L [t]	I_C [t]	\bar{V}	V [t]
TEÓRICOS	$0.152\angle -8.07^\circ$	$0.153\angle 0^\circ$	$0.25\angle -89^\circ$	$0.325\angle 90^\circ$	$0.214\text{Sen}(377t-8.07)$	$0.216\text{Sen}(377t)$	$0.353\text{Sen}(377t-89^\circ)$	$0.459\text{Sen}(377t+90^\circ)$	$115\angle 0^\circ$	$162.634\text{Sen}(377t)$
PRÁCTICOS	$0.150\angle -8.07^\circ$	$0.154\angle 0^\circ$	$0.25\angle -89^\circ$	$0.331\angle 90^\circ$	$0.212\text{Sen}(377t-8.07)$	$0.218\text{Sen}(377t)$	$0.353\text{Sen}(377t-89^\circ)$	$0.468\text{Sen}(377t+90^\circ)$	$115\angle 0^\circ$	$162.634\text{Sen}(377t)$

Tabla 31. Valores fasorial y en función del tiempo. Práctica # 12

DIAGRAMA FASORIAL Y OSCIOGRAMA

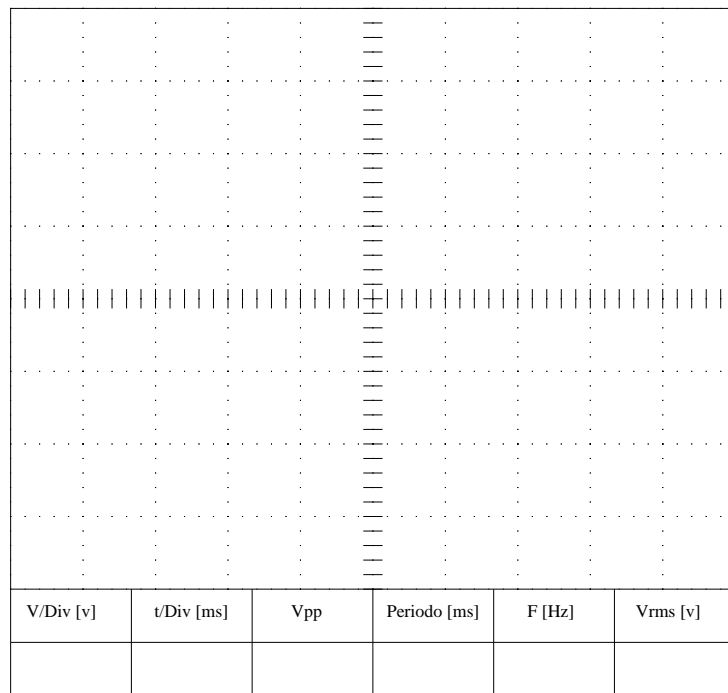
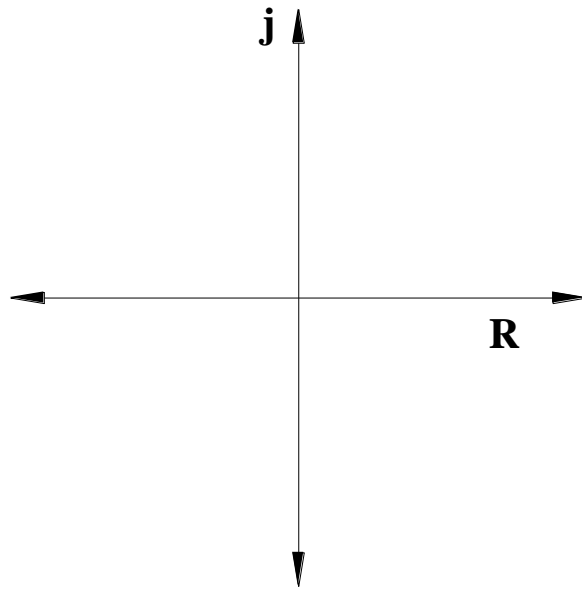



Figura 112. Oscilograma del circuito resistivo, inductivo y capacitivo en paralelo

CONCLUSIONES

Para este análisis de circuito resistivo, inductivo y capacitivo se necesita tener conocimiento de la ley de corrientes de Kirchhoff en corriente alterna, es fundamental para la solución de este tipo de circuitos.

Se demuestra que la ley de Kirchhoff en corriente alterna se cumple como en corriente continua, hay que tener claro que en corriente alterna los parámetros son fasores. Por lo tanto, la suma es fasorial, no resulta la ley de corrientes de Kirchhoff si se suman solo las magnitudes sin tomar en cuenta los ángulos.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.15. PRÁCTICA # 13

4.15.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 13**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.15.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** CIRCUITO MIXTO DE IMPEDANCIAS EN CORRIENTE ALTERNA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Aplicar los conocimientos de ley de Ohm e impedancias equivalentes para resolver circuitos con combinaciones serie y paralelo de resistores, inductores y capacitores.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Conectar adecuadamente impedancias en serie y paralelo.
 - 2. Comprobar los valores teóricos obtenidos en los cálculos y comprar con los resultados prácticos.


	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Impedancia eléctrica.
2. Fasores.
3. Ley de Ohm.
4. Leyes de Kirchhoff.

e. PROCEDIMIENTO

1. Realice el circuito mostrado en la Fig.113, con los respectivos datos indicados.
2. Llene la tabla N°1-A con los datos de los elementos teóricos y prácticos. (Los valores de los inductores no pueden ser tomados con un multímetro de medición, utilice el método de teoremas de Pitágoras. Practica #10).
3. Tome las lecturas de los voltímetros y amperímetros mostrados en la Fig.113, y llene la tabla N°1-A en los casilleros de datos prácticos, calcule los datos teóricos y llene en los casilleros correspondientes.
4. En la tabla N°1-C, calcule el valor de la impedancia de manera teórica y llene el casillero correspondiente.
5. Complete la tabla N°1-C con los datos de voltaje total y corriente total en forma fasorial y en función del tiempo, en los casilleros correspondientes.
6. Grafique en el plano complejo el fasor \overline{VT} y el fasor \overline{IT} .
7. Grafique en el oscilograma el \overline{VT} e \overline{IT} .

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

1. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
2. Generar el reporte de práctica realizada.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS


1. Prueba N°1: Circuito mixto de impedancias en corriente alterna.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Circuito mixto de impedancias en corriente alterna.
Tabla N°1
Tabla N°2
Tabla N°3

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. En la práctica realizada, revisando el diagrama fasorial, ¿La corriente adelanta o atrasa al voltaje?, justifique su respuesta y determine de que depende esta situación.
2. Indique cuales serían las condiciones para que en el circuito de la practica el voltaje total y la corriente total quede en “FASE”.

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CIRCUITO MIXTO DE IMPEDANCIAS EN CORRIENTE ALTERNA.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

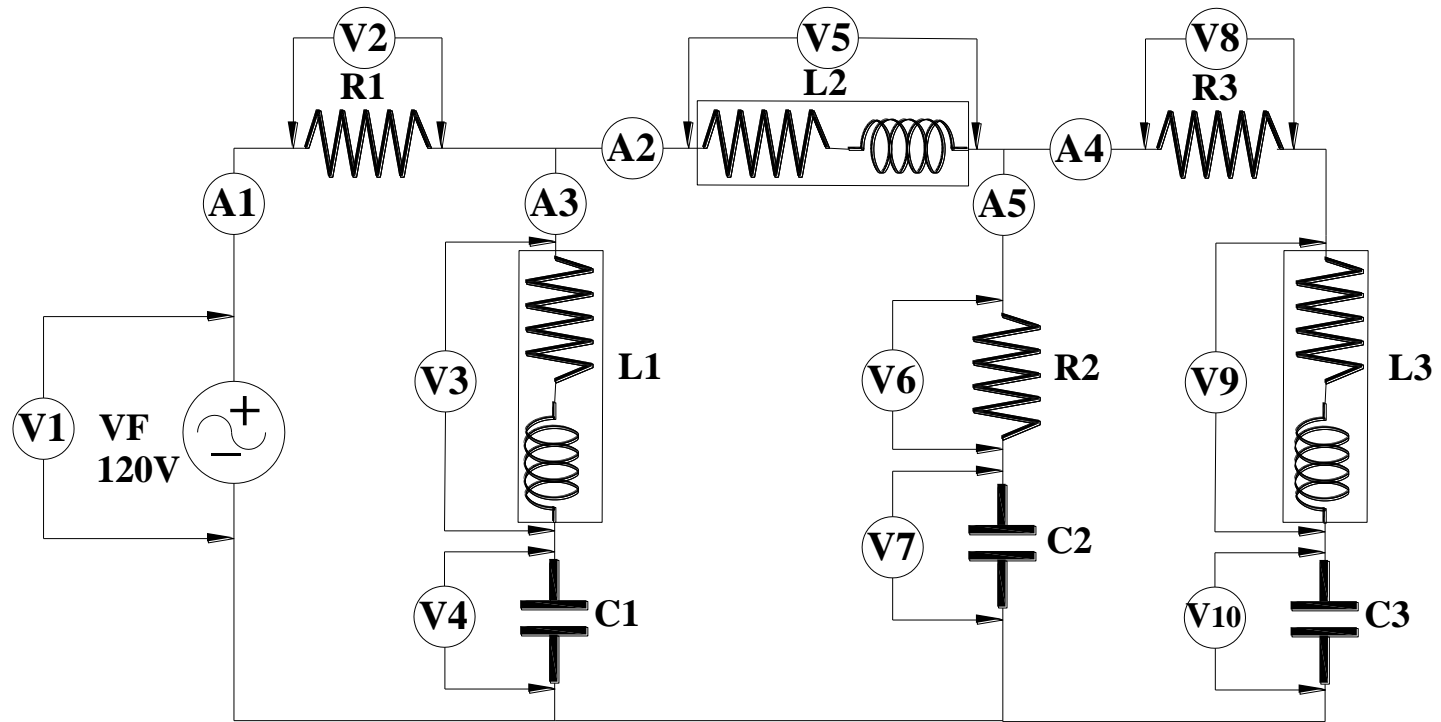


Figura 113. Diagrama eléctrico circuito mixto de impedancias en corriente alterna. Prueba # 1 – Práctica # 13

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

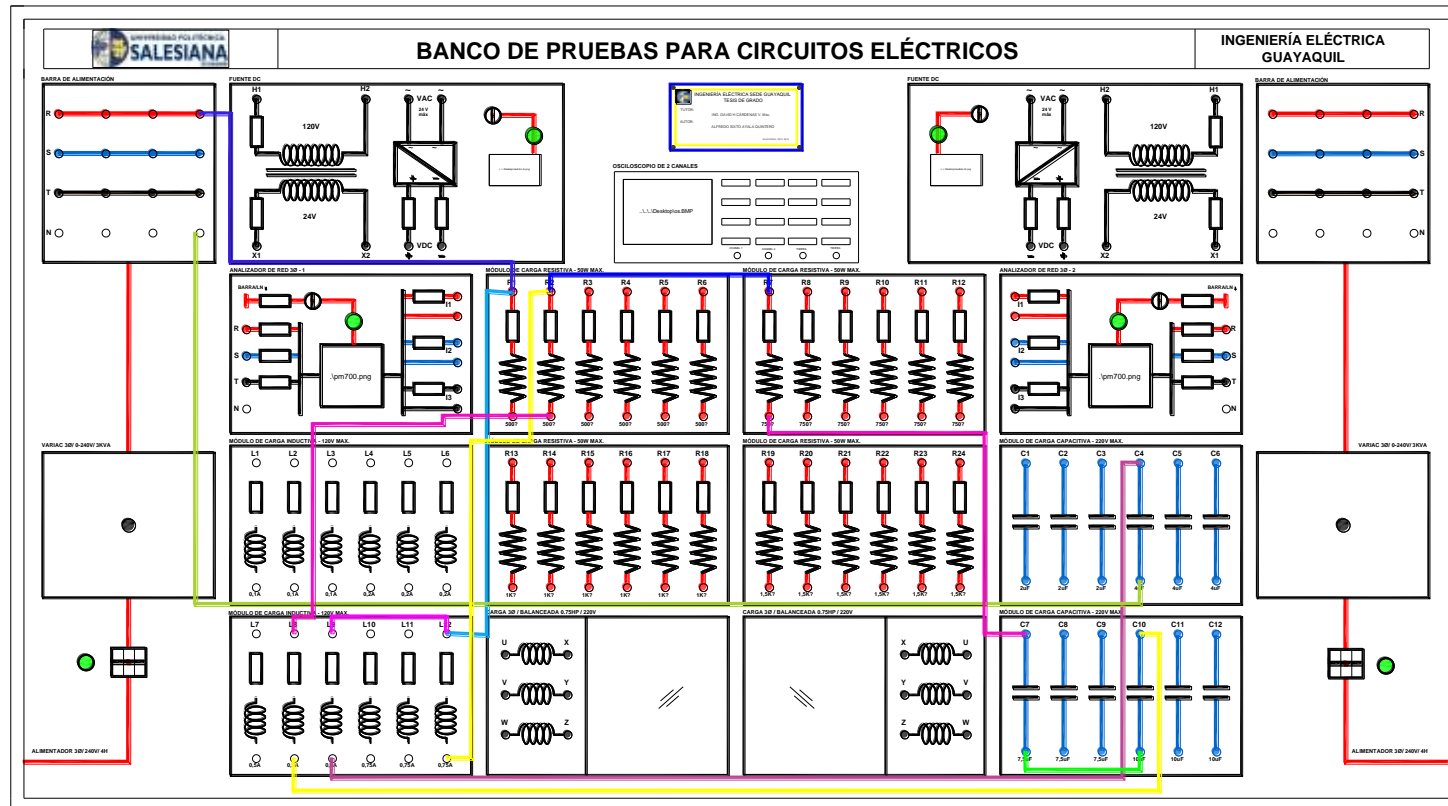


Figura 114. Diagrama de conexión circuito mixto de impedancias en corriente alterna. Prueba # 1 – Práctica # 13

Fuente: El autor

RESULTADOS DEL CIRCUITO MIXTO DE IMPEDANCIAS EN CORRIENTE ALTERNA

TABLA N°1: CIRCUITO MIXTO DE IMPEDANCIAS EN CORRIENTE ALTERNA													
PARÁMETROS	R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	L1 (0,5 A)		L2 (0,75 A)		L3 (0,5 A)		C1 [uf]	C2 [uf]	C3 [uf]	F [Hz]
				Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]				
TEÓRICOS	500	750	500	8.1	1883.2	5	1883.2	8.4	1883.2	4	7.5	10	60
PRÁCTICOS	526.4	749	517.6	8.1	1883.2	5	1883.2	8.4	1883.2	4.07	7.61	10.2	60

Tabla 32. Circuito mixto de impedancias en corriente alterna. Práctica # 13

TABLA N°2: VALORES DE VOLTAJES Y CORRIENTES															
PARÁMETROS	V1[v]	V2[v]	V3[v]	V4[v]	V5[v]	V6[v]	V7[v]	V8[v]	V9[v]	V10[v]	A1[A]	A2[A]	A3[A]	A4[A]	A5[A]
TEÓRICOS	120	90.1	41.3	78.9	3.01	32.79	15.12	28.45	24.11	13.33	0.167	0.11	0.123	0.0651	0.04916
PRÁCTICOS	120	90.6	43.62	79.2	3.81	33.65	15.74	29.44	24.15	14.78	0.169	0.959	0.121	0.0565	0.04482

Tabla 33. Valores de voltajes y corrientes. Práctica # 13

TABLA N°3: VALORES FASORIAL Y EN FUNCIÓN DEL TIEMPO					
PARÁMETROS	$\overline{Z_{total}}$ [Ω]	$\overline{V_T}$ [V]	$\overline{I_T}$ [Amp]	V_T [t]	I_T [t]
TEÓRICOS	710.15 $\angle 12.57$	120 $\angle 0^\circ$	0.167 $\angle -12.57^\circ$	170Sen(377t)	0.236Sen(377t-12.57)
PRÁCTICOS	710.059 $\angle 12.57$	120 $\angle 0^\circ$	0.169 $\angle -12.57^\circ$	170Sen(377t)	0.239Sen(377t-12.57)

Tabla 34. Valores fasorial y en función del tiempo. Práctica # 13

DIAGRAMA FASORIAL Y OSCIOGRAMA DEL CIRCUITO MIXTO DE IMPEDANCIAS EN A.C.

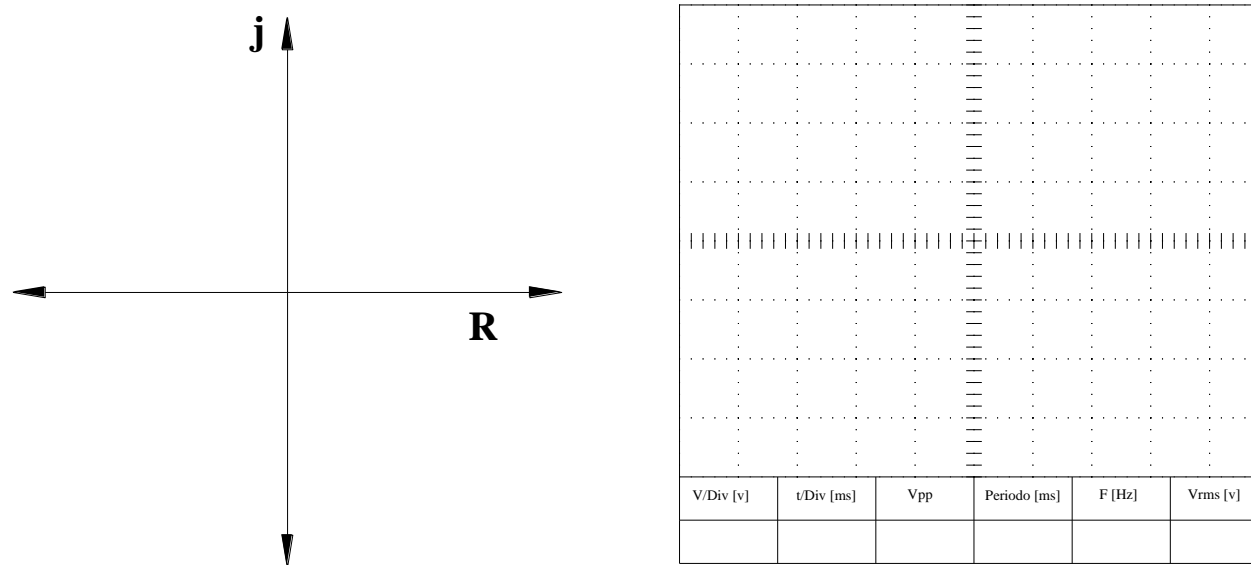



Figura 115. Oscilograma del circuito mixto de impedancias en A.C

CONCLUSIONES

Determinamos los voltajes de corrientes y voltajes aplicando reducción de impedancias y Ley de Ohm, de esta manera comparamos los datos prácticos y se obtuvieron aproximaciones bastantes favorables.

El ángulo entre voltaje y corriente de la red depende del ángulo de la impedancia.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.16. PRÁCTICA # 14

4.16.1 DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA** N° 14
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.16.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** TRANSFORMACIÓN DE CIRCUITOS ESTRELLA – DELTA CON IMPEDANCIAS
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Determinar la impedancia equivalente en circuitos con resistores, inductores y capacitores en conexión estrella (Y) o delta (Δ).
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Identificar impedancia conectadas en estrella o ye.
 - 2. Identificar impedancia conectadas en delta o triangulo.
 - 3. Comparar las fórmulas de transformación de impedancias estrella a delta o delta a estrella.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Impedancias equivalentes.
2. Transformación estrella a delta.
3. Transformación delta a estrella.

e. PROCEDIMIENTO


1. Arme en modulo el circuito mostrado en la Fig.116.
2. Mida los resistores, inductores y capacitores con el multímetro y llene la tabla N°1 en valores medidos.
3. Mida la impedancia equivalente en los puntos A y B y coloque el dato en la tabla N°2.
4. Complete la tabla N°1 y N°2 con los datos teóricos de resistores, inductores y capacitores.
5. Encuentre teóricamente la impedancia equivalente en los puntos A y B aplicando las fórmulas de transformación de estrella (Y) a delta (Δ) o delta (Δ) a estrella (Y).

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Transformación Y- Δ
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Transformación Y- Δ
Tabla N°1

i. CUESTIONARIO

1. Indique las características de conexión de impedancias conectadas en Y.
2. Indique las características de conexión de impedancias conectadas en Δ .

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: TRANSFORMACIÓN ESTRELLA A DELTA CON IMPEDANCIAS EN A.C.

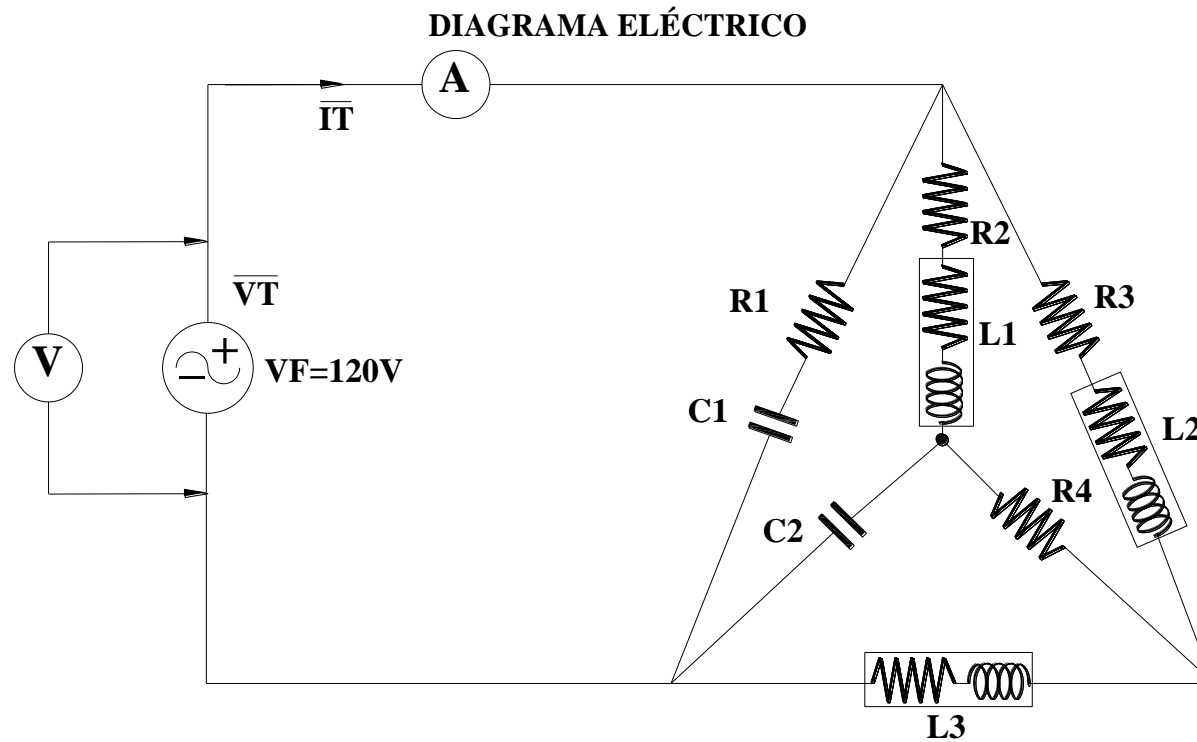


Figura 116. Diagrama eléctrico transformación estrella a delta con impedancias. Prueba # 1 – Práctica # 14

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

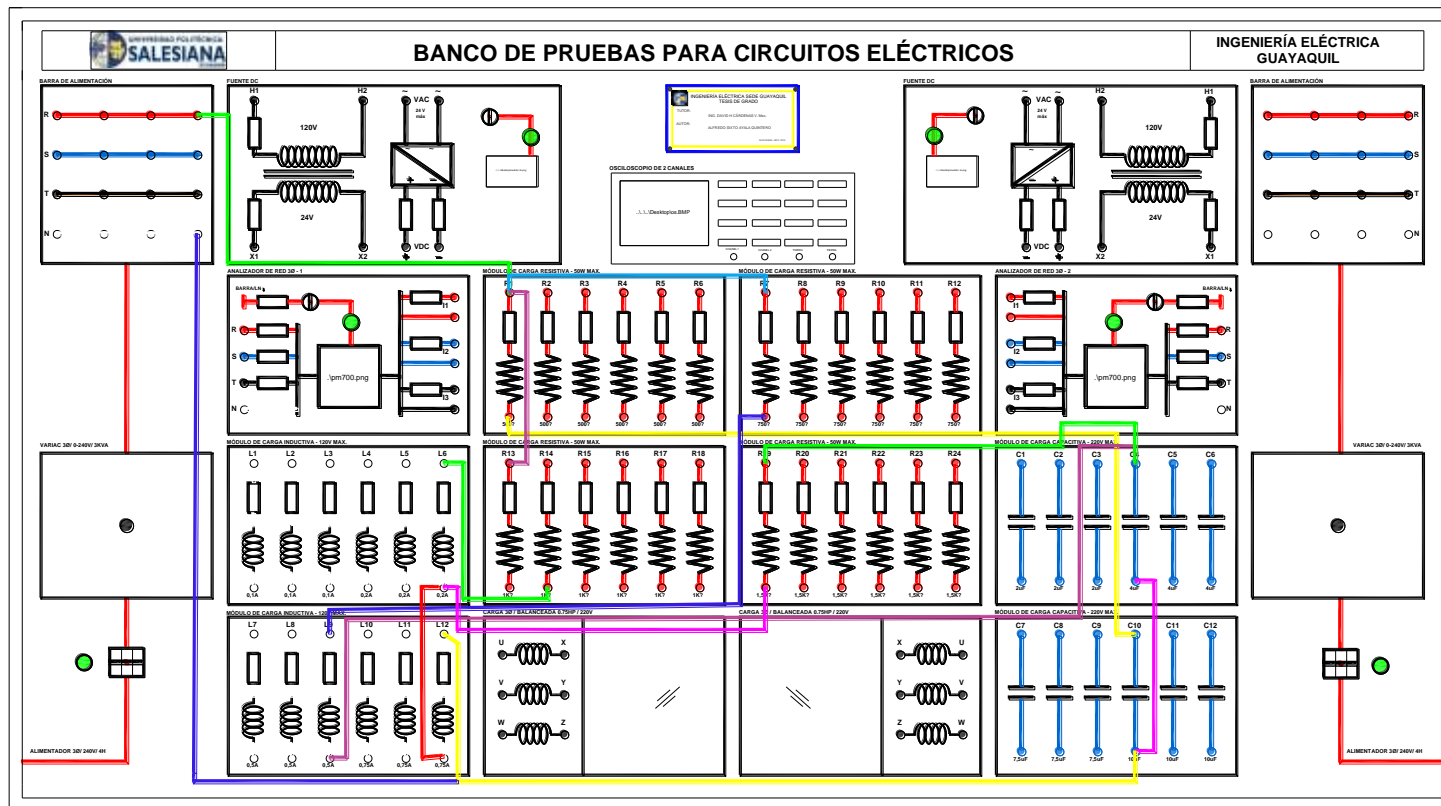


Figura 117. Diagrama de conexión de la transformación estrella - delta. Prueba # 1 – Práctica # 14

Fuente: El autor

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRANSFORMACIÓN ESTRELLA - DELTA

TABLA N°1: COMPONENTES ELÉCTRICOS PARA LA TRANSFORMACIÓN Y-Δ CON IMPEDANCIAS												
PARÁMETROS	R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	R4 [Ω]	L1 (0.5A)		L2(0.2A)		L3(0.75A)		C1 [uf]	C2 [uf]
					Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]		
TEORICOS	500	750	1K	1.5K	8.3	989.59	23.5	964.62	5.1	107.16	10.	4
PRACTICOS	528.2	749	996	1505	8.3	989.59	23.5	964.62	5.1	107.16	10.2	4.08

Tabla 35. Transformación estrella - delta. Práctica # 14

TABLA N°2: MEDICIONES, VALORES FASORIAL Y EN FUNCIÓN DEL TIEMPO							
PARÁMETROS	V	A	$\overline{Z_{total}}$ [Ω]	$\overline{V_T}$ [V]	$\overline{I_T}$ [mA]	V_T [t]	I_T [t]
TEORICOS	120	0.409	292.68	$120\angle 0^\circ$	0.409	$170 \text{ Sen}(377t)$	$0.578 \text{ Sen}(377t)$
PRACTICOS	119	0.410	292.68	$119\angle 0^\circ$	0.410	$168.29 \text{ Sen}(377t)$	$0.579 \text{ Sen}(377t)$

Tabla 36. Mediciones, valores fasorial y en función del tiempo. Práctica # 14

DIAGRAMA FASORIAL Y OSCIOGRAMA

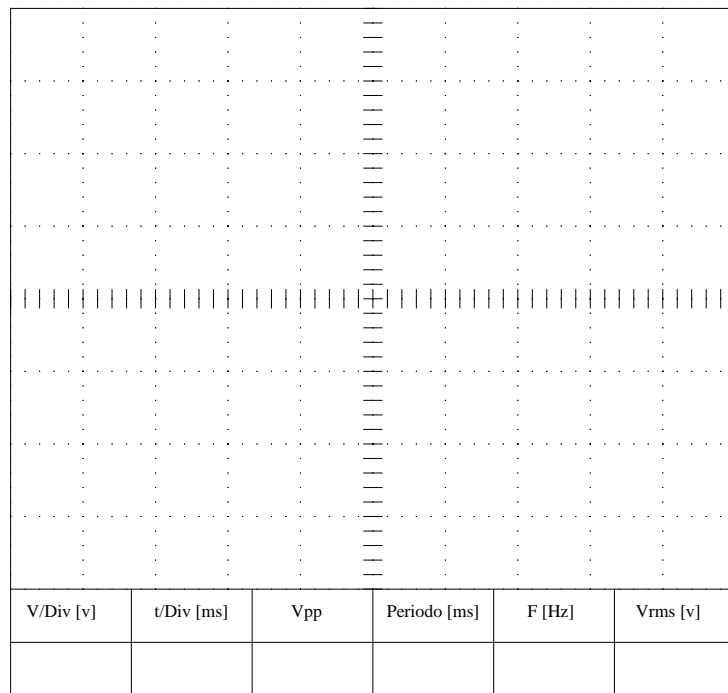
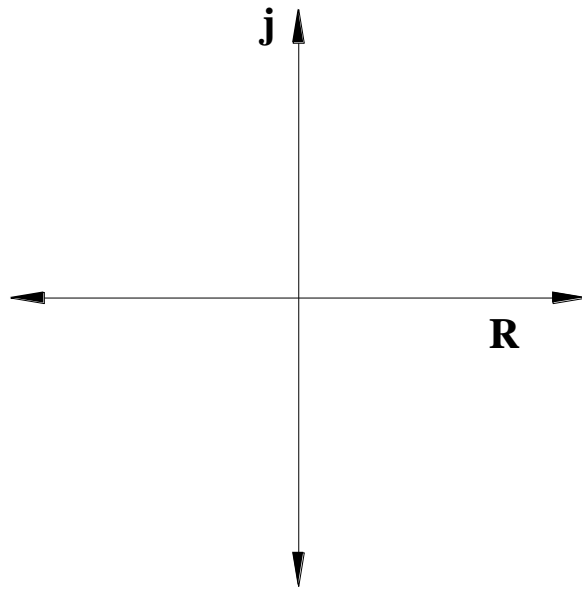



Figura 118. Oscilograma del circuito de transformación estrella - delta

CONCLUSIONES

La transformación Y- Δ nos ayuda a obtener circuitos equivalentes, de tal manera que podamos llevar los circuitos a conexiones serie o paralelo, así se facilita el cálculo y el desarrollo de ejercicios.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.17. PRÁCTICA # 15

4.17.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 15**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.17.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** POTENCIA ELÉCTRICA Y FACTOR DE POTENCIA EN CORRIENTE ALTERNA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Comprobar experimentalmente el comportamiento y cálculos de potencias en una red de corriente alterna.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Utilizar el analizador de redes para medir las potencias y el factor de potencia en una red monofásica.
 - 2. Aplicar el triángulo de potencias para encontrar los parámetros que lo conforman.
 - 3. Mejorar el factor de potencia de una red predominantemente inductiva.


	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Impedancia eléctrica.
2. Ley de Ohm.
3. Potencia activa.
4. Potencia reactiva.
5. Potencia aparente.
6. Factor de potencia.

e. PROCEDIMIENTO

1. Realice el circuito mostrado en la Fig.119, con los datos de resistencias, inductancias y capacitancias indicadas.
2. Tome la lectura de los voltímetros y amperímetros y llene la tabla N°1 en los casilleros de valores prácticos, realice el cálculo teórico y llene los casilleros correspondientes.
3. Mediante cálculos con fórmulas llene la tabla N°2, demuestre sus cálculos en una hoja adicional y grafique el triángulo de potencias y realice el balance de potencias.
4. Conecte el analizador de redes, tal como se muestra en el diagrama de conexiones del tablero, en configuraciones de red monofásica y tome lectura de las potencias y el factor de potencia de la red, llene la tabla N°3.
5. Compare la tabla N°2 y tabla N°3, en los valores totales de potencias.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


6. Conecte un capacitor en paralelo a la fuente, de tal manera que el nuevo factor de potencia sea lo más cercano a 0.95 en atraso (puede conectar capacitores en serie o paralelo para obtener el valor deseado), justifique el cálculo con fórmulas y el triángulo de potencias.
7. Tome las lecturas del analizador y llene la tabla N°4.
8. Calcule las nuevas potencias de la red de forma teórica y llene los casilleros correspondientes de la tabla N°4.
9. Examine los resultados obtenidos y emita sus conclusiones.
10. Genere el reporte de la práctica.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Potencia eléctrica y factor de potencia en corriente alterna.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Potencia eléctrica y Factor de potencia en corriente alterna.

Tabla N°1.

Tabla N°2

Tabla N°3


Tabla N°4

i. CUESTIONARIO

1. ¿Cuándo se dice que una red es predominantemente inductiva predominantemente capacitiva?
2. ¿Por qué las compañías de servicio eléctrico exigen que el factor de potencia no baje de 0,95 en atraso?
3. ¿Cuáles son las ventajas de tener un factor de potencia cercano a “1”?

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

- 1. SCHNEIDER ELECTRIC.** (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: POTENCIA ELÉCTRICA Y FACTOR DE POTENCIA EN CORRIENTE

DIAGRAMA ELÉCTRICO

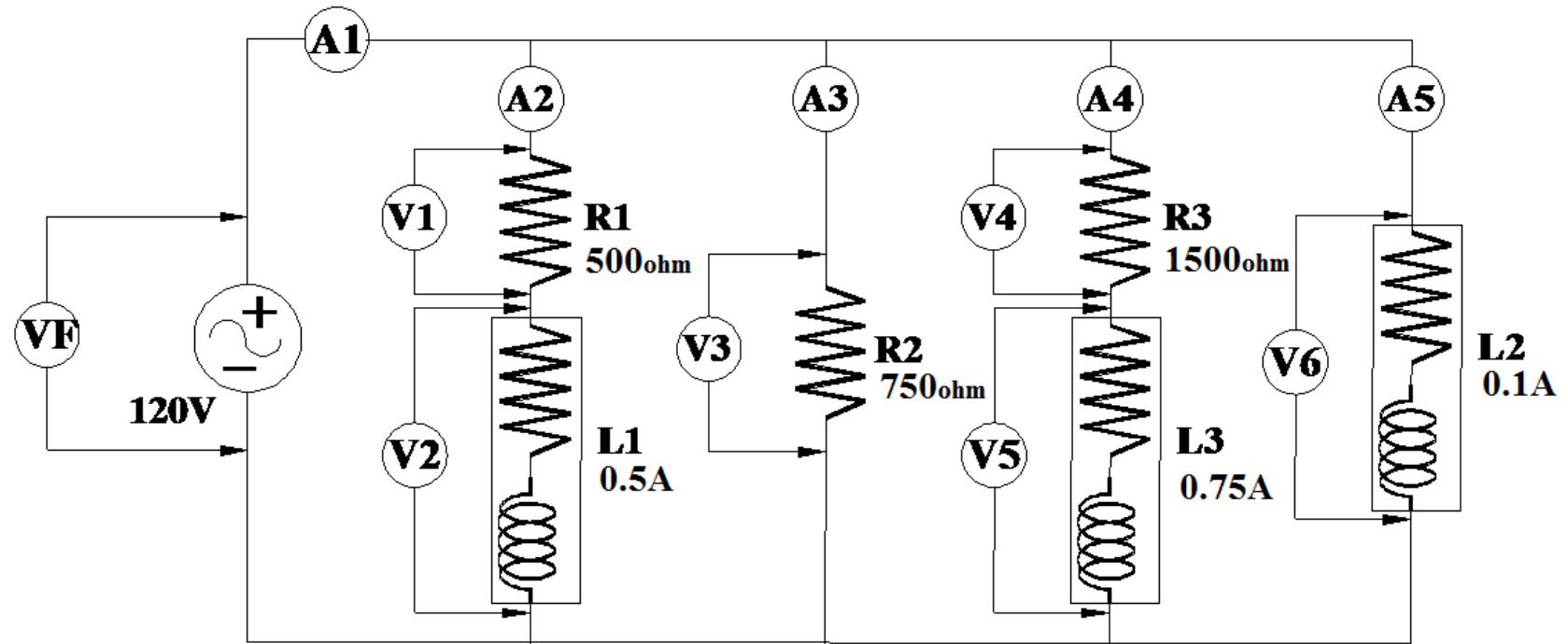


Figura 119. Diagrama eléctrico potencia eléctrica y factor de potencia en A.C. Prueba # 1 – Práctica # 15

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

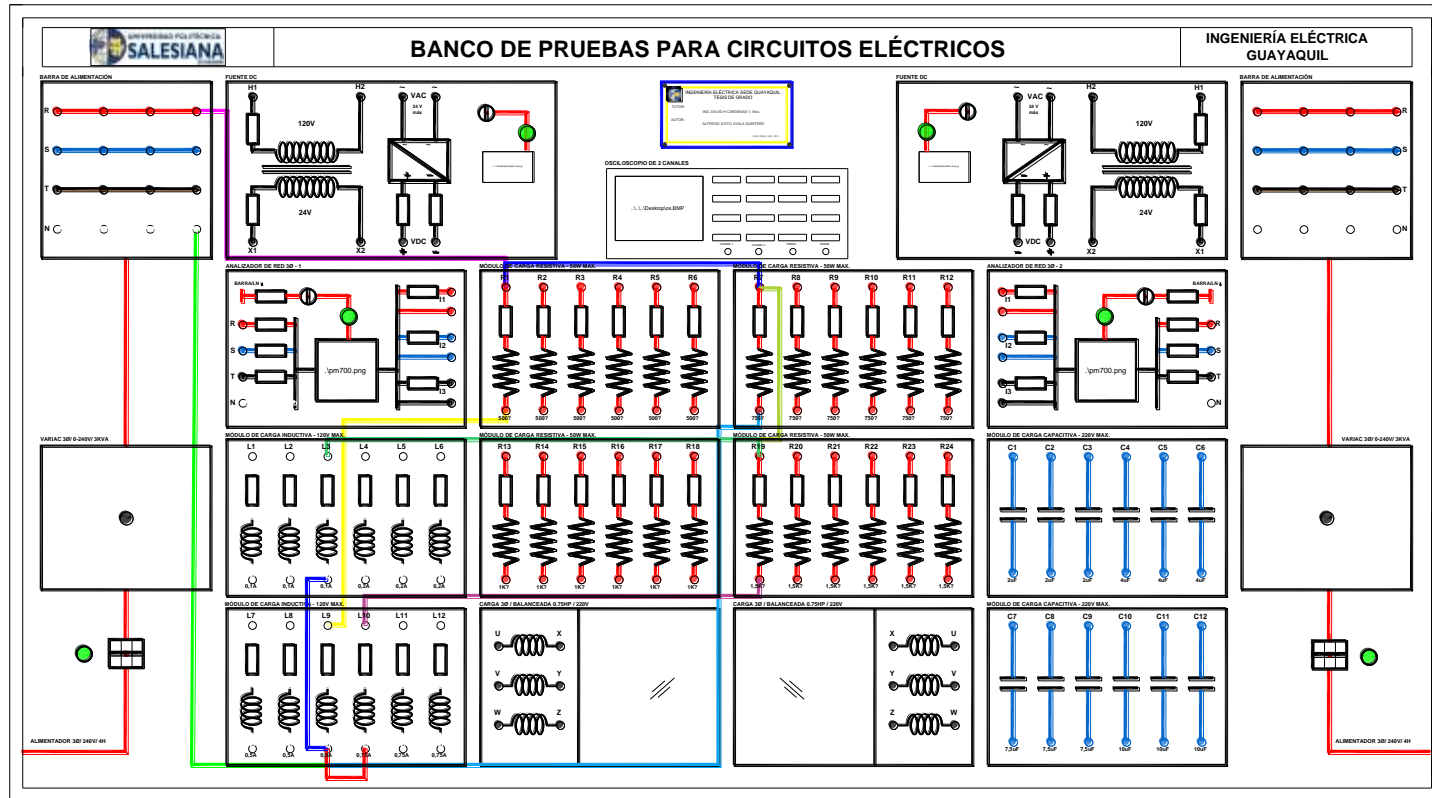


Figura 120. Diagrama de conexión potencia eléctrica y factor de potencia en A.C. Prueba # 1 – Práctica # 15

Fuente: El autor

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA ELÉCTRICA Y FACTOR DE POTENCIA EN A.C.

TABLA N°1: VOLTAJES Y CORRIENTES													
PARÁMETROS	VF[V]	V1[V]	V2[V]	V3[V]	V4[V]	V5[V]	V6[V]	A1[A]	A2[A]	A3[A]	A4[A]	A5[A]	F[Hz]
TEÓRICOS	120	94.1	60	12.75	120	3.70	120	0.49	0.188	0.017	0.08	0.168	60
PRÁCTICOS	120	94.2	61.6	12.2	199.9	3.11	120.3	0.49	0.177	0.016	0.08	0.168	60

Tabla 37. Datos de voltajes y corrientes. Práctica # 15

TABLA N°2: POTENCIAS TEÓRICAS PARCIALES Y TOTALES											
PARÁMETROS	PR1 [W]	PR2 [W]	PR3 [W]	QL1		QL2		Ptotal[W]	Qtotal[VAR]	Stotal[VA]	Fp [Hz]
				PRi [W]	QL [VAR]	PRi [W]	QL [VAR]				
TEÓRICOS	17.67	0.216	9.6	0.286	11.27	1.65	20.09	105	60	120	0.854

Tabla 38. Datos de potencias teóricas. Práctica # 15

TABLA N°3: POTENCIAS TOTALES DE LA RED					
PARÁMETROS	P_{total}[W]	Q_{total}[VAR]	S_{total}[VA]	F_p Red	IT
PRÁCTICOS	100	61	117	0.854	0.489


Tabla 39. Potencias totales de la Red. Práctica # 15

TABLA N°4: POTENCIAS TOTALES DE LA RED CON COMPENSACIÓN REACTIVA						
PARÁMETROS	P_{total}[W]	Q_{total}[VAR]	S_{total}[VA]	F_p Red	IT	C[uf]
TEÓRICOS	105	15.8	106.18	0.97	0.43	4
PRÁCTICOS	100	16	102	0.97	0.428	4.08

Tabla 40. Potencias totales de la red con compensación reactiva. Práctica # 15

CONCLUSIONES

Para medir la potencia y F_p necesitamos un analizador de redes, pues este compara los desfases de voltajes y corriente, el multímetro solo mide magnitudes, por lo tanto, no puede comparar el ángulo de voltaje y corriente, por este motivo el analizador debe medir al mismo tiempo voltaje y corriente de la red.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.18. PRÁCTICA # 16

4.18.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 16**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.18.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA MEDIANTE EL MÉTODO DE CORRIENTES DE MALLA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 1. Aplicar la ley voltajes de Kirchhoff en una red de corriente alterna. para formar ecuaciones utilizando como incógnitas las “Corrientes de malla”
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 1. Verificar experimentalmente el método de “Corrientes de malla”
 2. Encontrar datos de voltajes y corrientes reales de cada elemento aplicando las corrientes de malla.


	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Ley de Ohm.
2. Impedancia eléctrica.
3. Ley de voltajes de Kirchoff.
4. Métodos de solución de ecuaciones con números complejos.

e. PROCEDIMIENTO

1. Realice el circuito mostrado en la Fig.121.
2. Llene los datos de la tabla N°1 con los valores teóricos mostrados en el gráfico y mida los datos prácticos.
3. Realice en una hoja aparte las ecuaciones con los datos de los elementos y encuentre las corrientes de malla en forma fasorial y llene la tabla N°2.
4. Con los datos obtenidos en la tabla N°2 encuentre los voltajes y corrientes en cada elemento y llene los datos teóricos en la tabla N°3 (voltajes) y tabla N°4 (corrientes).
5. Mida los voltajes y corrientes con el multímetro y llene respectivamente la tabla N°3 y N°4 en la parte práctica.
6. Examinar los resultados obtenidos y emitir conclusiones.
7. Generar el reporte de la práctica realizada.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS


1. Prueba N°1: Análisis de circuito de mallas en A.C.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Análisis de circuito de Mallas en A.C.
Tabla N°1
Tabla N°2
Tabla N°3
Tabla N°4

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. Indique las ventajas de aplicar el método de las corrientes de malla.
2. ¿Qué sucede si se invierte la fuente de voltaje en corriente alterna?

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CIRCUITO DE MALLA A.C.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

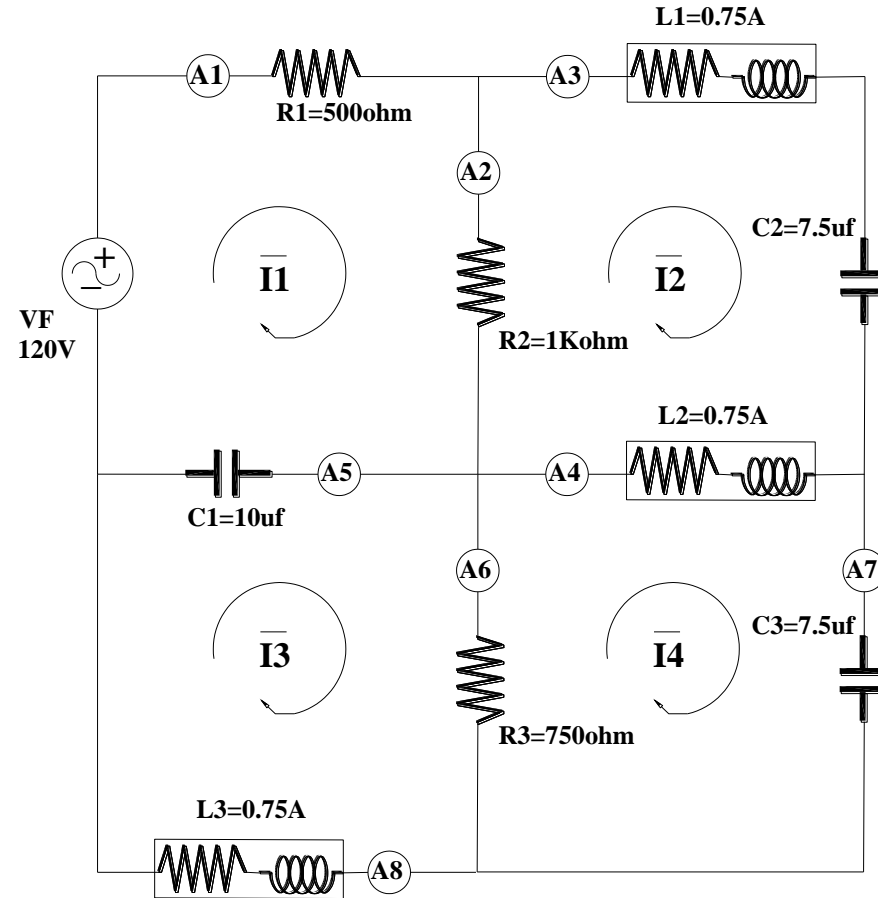


Figura 121. Diagrama eléctrico circuito de malla en A.C. Prueba # 1 – Práctica # 16

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

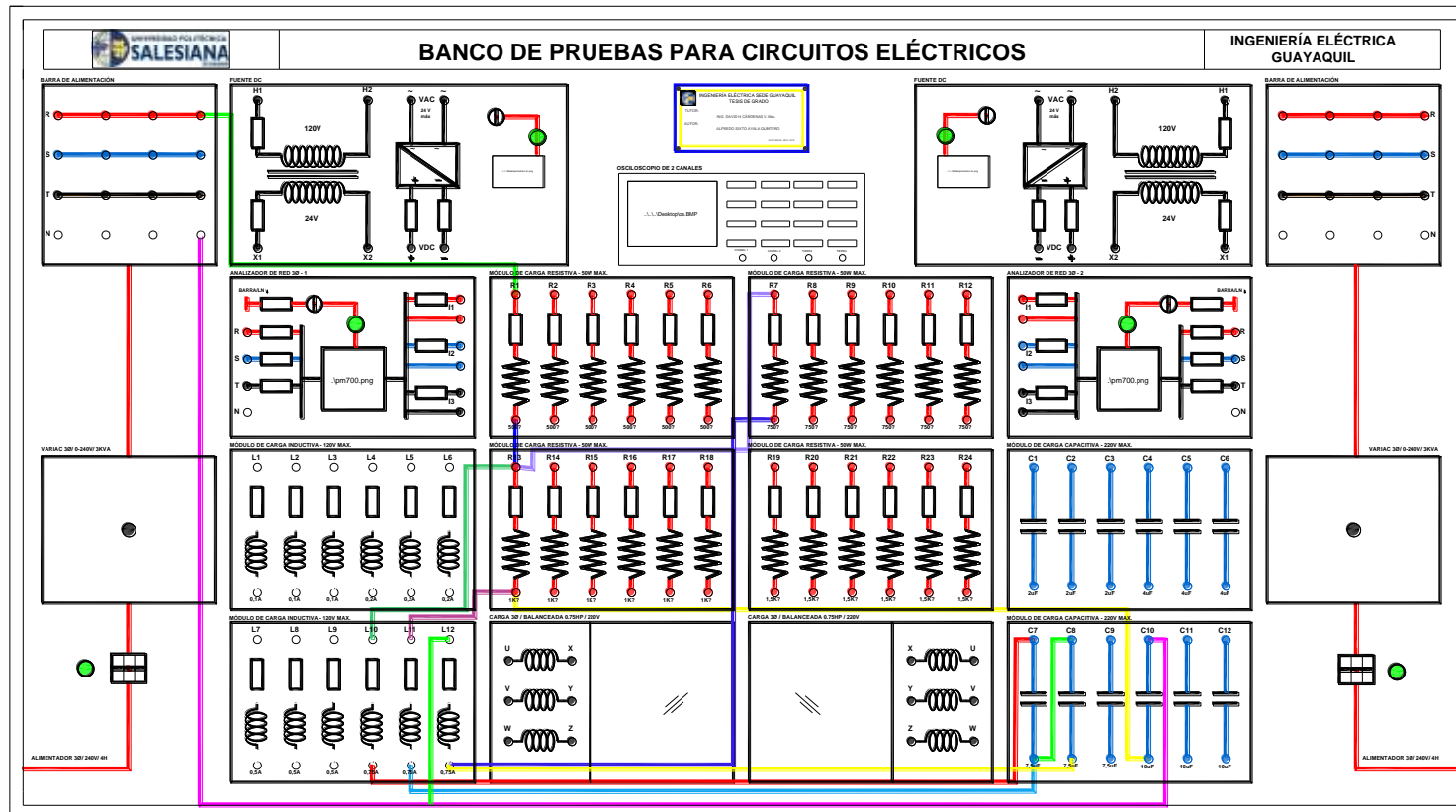


Figura 122. Diagrama de conexión del circuito de malla en A.C. Prueba # 1 – Práctica # 16

Fuente: El autor

RESULTADOS DEL CIRCUITO DE MALLA EN CORRIENTE ALTERNA

TABLA N°1: DATOS DE LOS COMPONENTES PARA EL CIRCUITO DE MALLA													
PARÁMETROS	R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	L1		L2		L3		C1 [uf]	C2 [uf]	C3 [uf]	F [Hz]
				Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]				
TEÓRICOS	500	1K	750	4.9	104.63	4.9	108.56	4,9	102.01	10	7.5	7.5	60
PRÁCTICOS	526.4	1002	754	4.9	104.63	4.9	108.56	4,9	102.01	10.2	7.61	7.6	60

Tabla 41. Circuito malla en AC. Práctica # 16

TABLA N°2: CORRIENTES DE MALLA			
\bar{I}_1 [mA]	\bar{I}_2 [mA]	\bar{I}_3 [mA]	\bar{I}_4 [mA]
154.7	147.4	71.7	62.65

Tabla 42. Corrientes de malla en AC. Práctica # 16

TABLA N°3: VOLTAJES										
PARÁMETROS	V_F [V]	V_{R1} [V]	V_{R2} [V]	V_{R3} [V]	V_{L1} [V]	V_{L2} [V]	V_{L3} [V]	V_{C1} [V]	V_{C2} [V]	V_{C3} [V]
TEÓRICOS	120	82.1	44.46	25.6	5.5	3.01	2.98	23.3	52	22
PRÁCTICOS	120	82.6	43.04	25.54	5.86	3.52	2.78	23.43	52.3	22.04

Tabla 43. Voltajes. Práctica # 16


TABLA N°4: CORRIENTES																	
PARÁMETROS	A1 [mA]	A2 [mA]	A3 [mA]	A4 [mA]	A5 [mA]	A6 [mA]	A7 [mA]	A8 [mA]	I_{R1} [mA]	I_{R2} [mA]	I_{R3} [mA]	I_{L1} [mA]	I_{L2} [mA]	I_{L3} [mA]	I_{C1} [mA]	I_{C2} [mA]	I_{C3} [mA]
TEÓRICOS	160.2	42.2	142.9	83.4	91.2	35.5	64.7	74.9	160.2	42.2	35.5	142.9	83.4	74.9	91.2	142.9	64.7
PRÁCTICOS	154.7	43.11	147.4	85.4	89.8	34.06	62.65	71.7	154.7	43.11	34.06	147.4	85.4	71.7	89.8	147.4	62.65

Tabla 44. Corrientes. Práctica # 16

CONCLUSIONES

Mediante el método de corriente de malla podemos encontrar todos los parámetros eléctricos de un circuito plano.

Se debe recordar que las corrientes de malla son corrientes teóricas dadas para ayudar a encontrar las corrientes reales en un circuito, en este caso se presenta en las resistencias R2, R3, C1 y L2.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.19. PRÁCTICA # 17

4.19.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA** N° 17
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.19.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN CORRIENTE ALTERNA MEDIANTE EL MÉTODO DE TENSIONES DE NODOS
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 1. Aplicar la ley corriente de Kirchhoff en una red de corriente alterna. para formar ecuaciones utilizando como incógnitas los “Voltajes de nodos”
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 1. Verificar experimentalmente el método de “Voltajes de nodos”
 2. Encontrar datos de voltajes reales de cada elemento aplicando los voltajes de nodos.


	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

5. Ley de Ohm.
6. Impedancia eléctrica.
7. Ley de corrientes de Kirchhoff.
8. Métodos de solución de ecuaciones con números complejos.

e. PROCEDIMIENTO

8. Realice el circuito mostrado en la Fig.123.
9. Llene los datos de la tabla N°1 con los valores teóricos mostrados en el gráfico y mida los datos prácticos.
10. Realice en una hoja aparte las ecuaciones con los datos de los elementos y encuentre los voltajes de nodos en forma fasorial y llene la tabla N°2.
11. Con los datos obtenidos en la tabla N°2 encuentre los voltajes y corrientes en cada elemento y llene los datos teóricos en la tabla N°3 (voltajes) y tabla N°4 (corrientes).
12. Mida los voltajes y corrientes con el multímetro y llene respectivamente la tabla N°3 y N°4 en la parte práctica.
13. Examinar los resultados obtenidos y emitir conclusiones.
14. Generar el reporte de la práctica realizada.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS


1. Prueba N°1: Análisis de circuito de nodos.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Análisis de circuito de Nodos.
Tabla N°1
Tabla N°2
Tabla N°3
Tabla N°4

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. Indique las ventajas de aplicar el método de tensiones de nodos.
2. ¿Qué sucede si se invierte el nodo de referencia por el nodo C?

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CIRCUITO DE NODOS

DIAGRAMA ELÉCTRICO

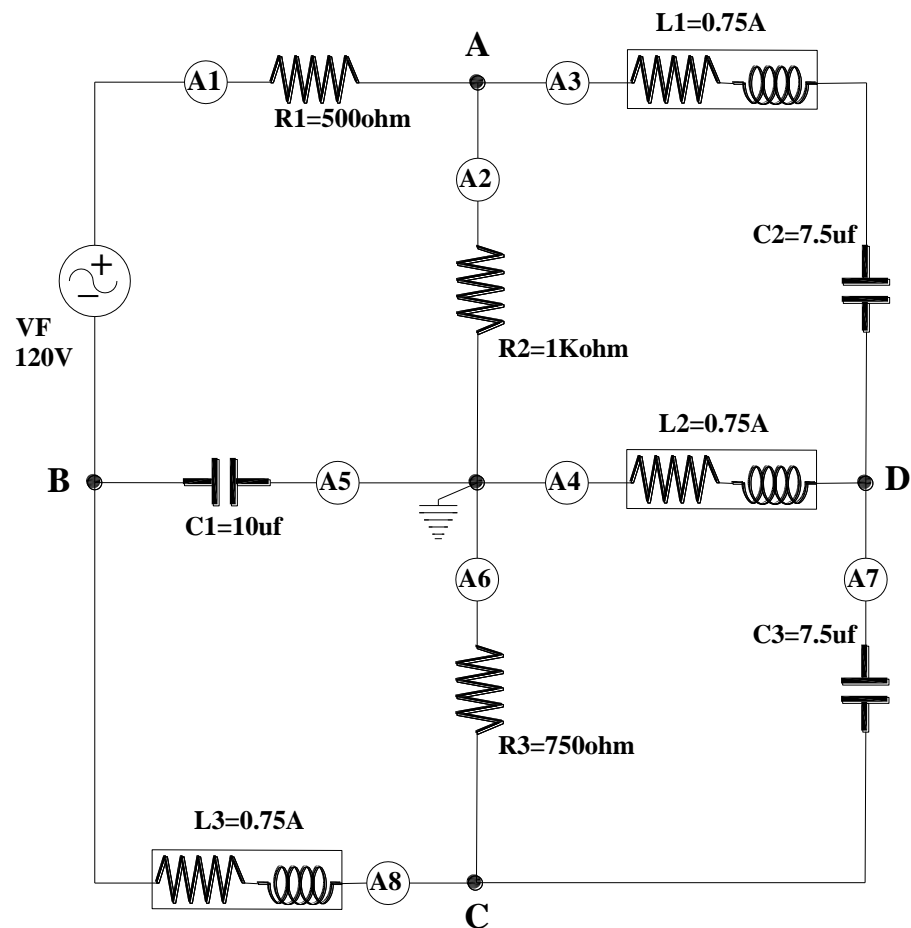


Figura 123. Diagrama eléctrico circuito de nodos en AC. Prueba # 1 – Práctica # 17

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

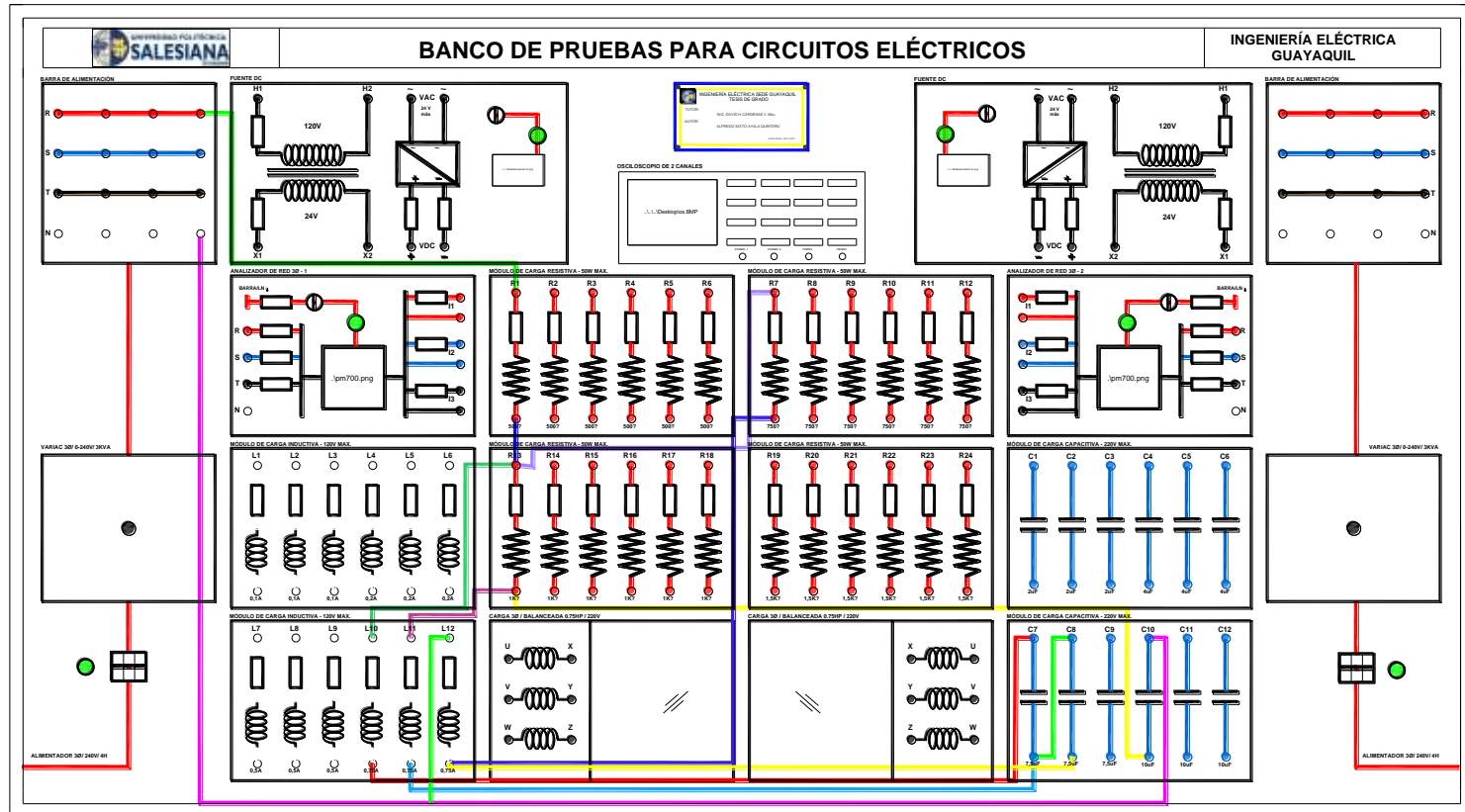


Figura 124. Diagrama de conexión del circuito de nodos en AC. Prueba # 1 – Práctica # 17

Fuente: El autor

RESULTADOS DEL CIRCUITO DE NODOS

TABLA N°1: DATOS DE LOS COMPONENTES PARA EL CIRCUITO DE NODOS													
PARÁMETROS	R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	L1		L2		L3		C1 [uf]	C2 [uf]	C3 [uf]	F [Hz]
				Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]				
TEÓRICOS	500	1K	750	4.9	104.63	4.9	108.56	4,9	102.01	10	7.5	7.5	60
PRÁCTICOS	526.4	1002	754	4.9	104.63	4.9	108.56	4,9	102.01	10.2	7.61	7.6	60

Tabla 45. Circuito de nodos en AC. Práctica # 17

TABLA N°2: VOLTAJES DE NODOS			
\bar{V}_A [V]	\bar{V}_B [V]	\bar{V}_C [V]	\bar{V}_D [V]
43.04	23.43	25.54	3.52

Tabla 46. Corrientes de nodos en AC. Práctica # 17

TABLA N°3: VOLTAJES										
PARÁMETROS	V_F [V]	V_{R1} [V]	V_{R2} [V]	V_{R3} [V]	V_{L1} [V]	V_{L2} [V]	V_{L3} [V]	V_{C1} [V]	V_{C2} [V]	V_{C3} [V]
TEÓRICOS	120	82.1	44.46	25.6	5.5	3.01	2.98	23.3	52	22
PRÁCTICOS	120	82.6	43.04	25.54	5.86	3.52	2.78	23.43	52.3	22.04

Tabla 47. Voltajes. Práctica # 17


TABLA N°4: CORRIENTES																	
PARÁMETROS	A1 [mA]	A2 [mA]	A3 [mA]	A4 [mA]	A5 [mA]	A6 [mA]	A7 [mA]	A8 [mA]	I_{R1} [mA]	I_{R2} [mA]	I_{R3} [mA]	I_{L1} [mA]	I_{L2} [mA]	I_{L3} [mA]	I_{C1} [mA]	I_{C2} [mA]	I_{C3} [mA]
TEÓRICOS	160.2	42.2	142.9	83.4	91.2	35.5	64.7	74.9	160.2	42.2	35.5	142.9	83.4	74.9	91.2	142.9	64.7
PRÁCTICOS	154.7	43.11	147.4	85.4	89.8	34.06	62.65	71.7	154.7	43.11	34.06	147.4	85.4	71.7	89.8	147.4	62.65

Tabla 48. Corrientes. Práctica # 17

CONCLUSIONES

Es importante colocar una referencia de tierra, pues se debe recordar que el voltaje es la diferencia de potencial entre dos puntos.

También recordamos que el método de voltajes de nodos se genera utilizando como incógnitas los voltajes en cada nodo, este método sirve para circuitos planos y no planos.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.20. PRÁCTICA # 18

4.20.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 18**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.20.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICOS
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Identificar experimentalmente las características de voltaje en una red de alimentación trifásica.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Diferenciar los sistemas de alimentación trifásicos de acuerdo a sus características.
 - 2. Graficar los fasores de voltajes en una red trifásica.
 - 3. Utilizar el analizador de redes con oscilograma para graficar las formas de onda en una red trifásica.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO


1. Fasores
2. Redes de alimentación trifásicas.

e. PROCEDIMIENTO

1. Identificar las características de los alimentadores mostrados en las Fig.125 y 126.
2. Utilizar la gráfica N°1 para medir los voltajes indicados en la tabla N°1, Colocando el variador de voltaje a su máxima escala (voltaje de línea a línea teóricamente 220V)
3. Con los datos obtenidos en la tabla N°1, llene la tabla N°2 indicando los voltajes en forma fasorial.
4. Con los datos obtenidos en la tabla N°2 llene la tabla N°3 indicando los voltajes en función del tiempo.
5. Realice el grafico de los fasores en el plano complejo presentado en la práctica con los datos de la tabla N°2.
6. Obtenga el grafico del analizador de redes (Fluke) en la cual se muestra los tres voltajes de fase y su respectivo desfaseamiento.
7. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
8. Generar el reporte de práctica realizada.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Sistemas de alimentación trifásicos.
2. Análisis y conclusiones.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

g. RECURSOS


1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Sistemas de alimentación trifásicos.
Tabla N°1
Tabla N°2
Tabla N°3

i. CUESTIONARIO

1. ¿Por qué no son muy utilizados los sistemas de alimentación en delta?
2. Demuestre la relación que existe entre los voltajes de fase (V_{L-N}) y los voltajes de línea a línea (V_{L-L})
3. ¿Porque los voltajes de línea a línea adelantan 30° a los voltajes de fase?

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN TRIFÁSICOS

DIAGRAMA ELÉCTRICO

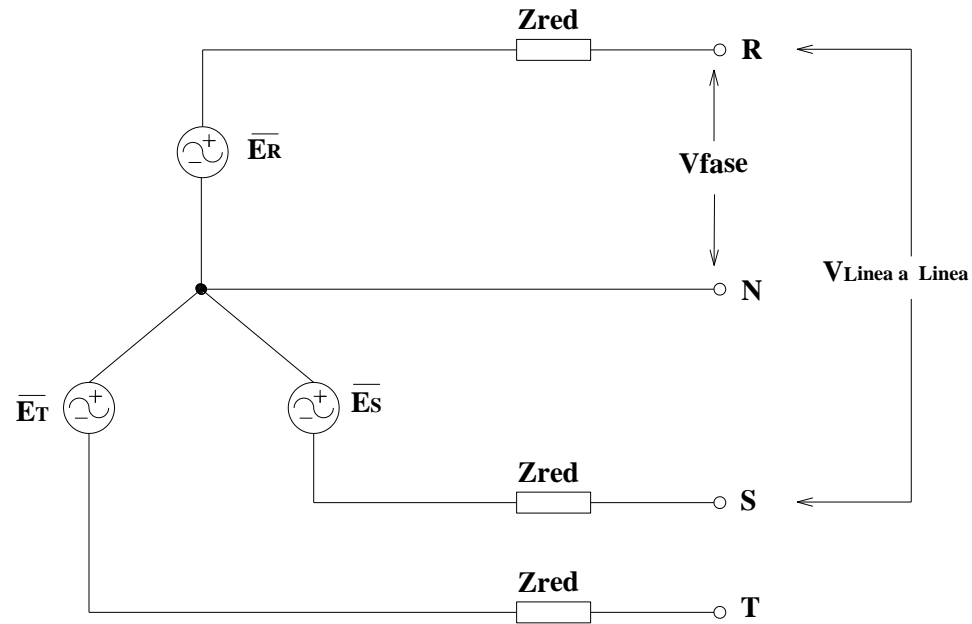


Figura 125. Diagrama eléctrico del sistema de alimentación trifásico en Y. Prueba # 1 – Práctica # 18

Fuente: El autor

$\bar{E}_R, \bar{E}_S, \bar{E}_T$: Voltaje generado en el alimentador (fuerza electromotriz, fem)

Z_{Red} : Impedancia de la bobina (generador o transformado) y conductores

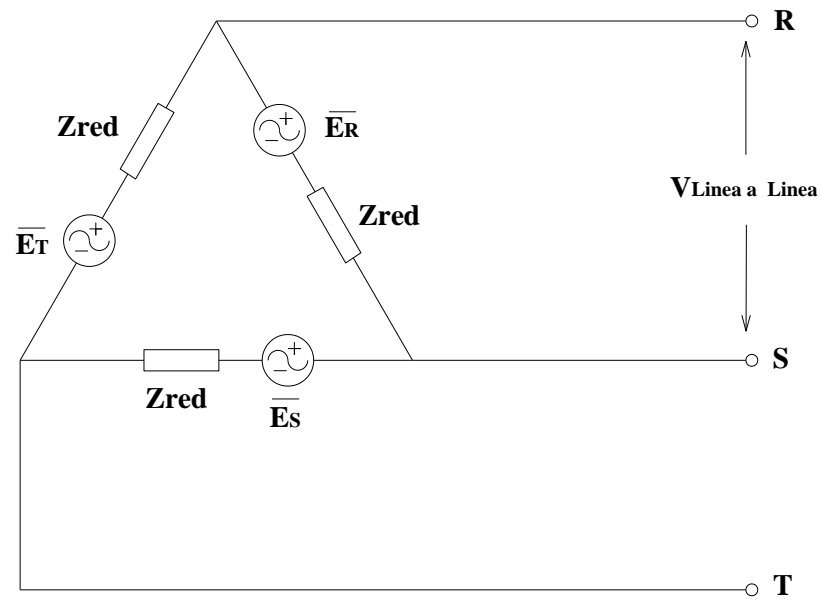


Figura 126. Diagrama de eléctrico del sistema de alimentación trifásico en Δ . Prueba # 1 – Práctica # 18

Fuente: El autor

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN
TRIFÁSICO**

TABLA N°1: MEDICIÓN DE VOLTAJES Y FRECUENCIAS							
PARÁMETROS	V_{RN}[V]	V_{SN}[V]	V_{TN}[V]	V_{RS}[V]	V_{ST}[V]	V_{TR}[V]	F [Hz]
TEÓRICOS	127	127	127	220	220	220	60
PRÁCTICOS	127.9	126.1	127.5	219.8	218.03	221.06	60.034

Tabla 49. Medición de voltajes y frecuencias. Práctica # 18

TABLA N°2: FASORES DE VOLTAJES						
PARÁMETROS	$\overline{V_{RN}}$ [V]	$\overline{V_{SN}}$ [V]	$\overline{V_{TN}}$ [V]	$\overline{V_{RS}}$ [V]	$\overline{V_{ST}}$ [V]	$\overline{V_{TR}}$ [V]
TEÓRICOS	$127\angle-30^\circ$	$127\angle-150^\circ$	$127\angle90^\circ$	$220\angle0^\circ$	$220\angle-120^\circ$	$220\angle120^\circ$
PRÁCTICOS	$127.9\angle-30^\circ$	$126.1\angle-150^\circ$	$127.5\angle90^\circ$	$219.8\angle0^\circ$	$218.03\angle-120^\circ$	$221.06\angle120^\circ$

Tabla 50. Fasores de voltajes. Práctica # 18

TABLA N°3: VOLTAJES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO						
PARÁMETROS	V_{RN}(t)	V_{SN}(t)	V_{TN}(t)	V_{RS}(t)	V_{ST}(t)	V_{TR}(t)
TEÓRICOS	$180\text{Sen}(377t-30^\circ)$	$180\text{Sen}(377t-150^\circ)$	$180\text{Sen}(377t+90^\circ)$	$311.12\text{Sen}(377t)$	$311.12\text{Sen}(377t-120^\circ)$	$311.12\text{Sen}(377t+120^\circ)$
PRÁCTICOS	$180.87\text{Sen}(377t-30^\circ)$	$180.87\text{Sen}(377t-150^\circ)$	$180.87\text{Sen}(377t+90^\circ)$	$309.71\text{Sen}(377t)$	$309.71\text{Sen}(377t-120^\circ)$	$309.71\text{Sen}(377t+120^\circ)$

Tabla 51. Voltajes en función del tiempo. Práctica # 18

DIAGRAMA FASORIAL Y OSCIOGRAMA

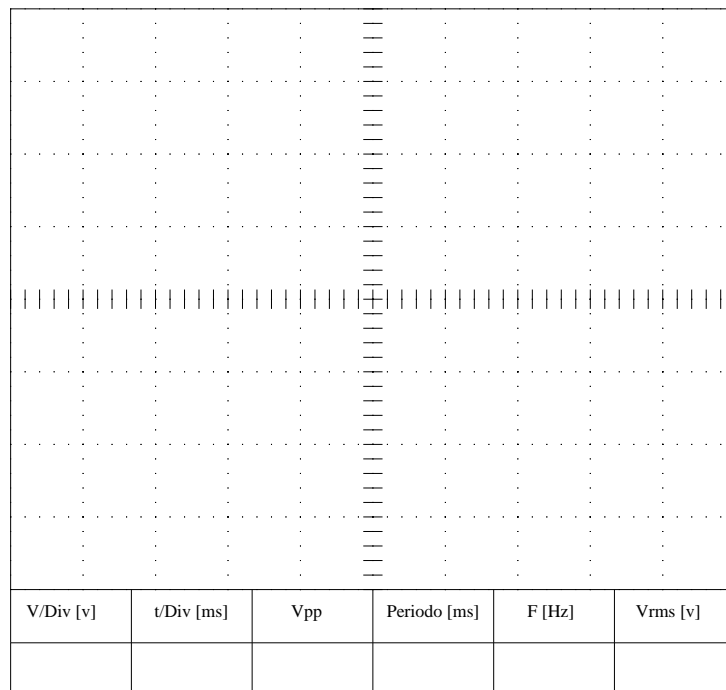
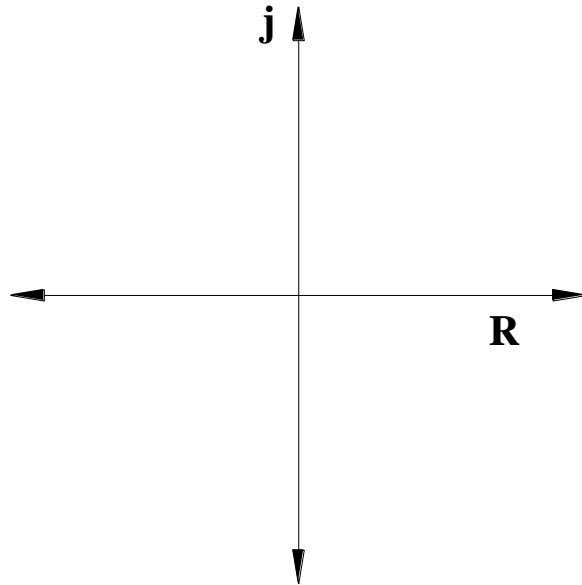



Figura 127. Oscilograma del sistema de alimentación trifásico.

CONCLUSIONES

Se demostró la relación de voltajes en un sistema trifásico, tanto en magnitudes (multímetro), como en ángulo (anализador de redes). Se identificaron los sistemas de alimentación, concluyendo que en la conexión en estrella es la más utilizada, pues nos permite trabajar con el punto neutro (N), dando la facilidad de conectar cargas monofásicas en una red trifásica.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.21. PRÁCTICA # 19

4.21.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA** N° 19
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.21.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** CARGA TRIFÁSICA BALANCEADA CONECTADA EN ESTRELLA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 1. Comprobar experimentalmente el comportamiento de cargas trifásicas balanceadas conectadas en estrella, con conductor de neutro y sin conductor de neutro.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 1. Conectar impedancias de la misma característica en conexión estrella a una red trifásica.
 2. Medir los parámetros eléctricos utilizando el analizador de redes.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


3. Comprobar el comportamiento del conductor neutro en cargas balanceadas en Y

d. MARCO TEÓRICO

1. Sistema de alimentación trifásico.
2. Impedancia conectada en Y.
3. Diagrama fasorial.

e. PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Fig.128, utilizando las bobinas del motor trifásico del módulo, con voltaje línea a línea de 220V (sin el cable del neutro conectado).
2. Configurar el analizador de redes en sistemas trifásicos en estrella de 3 hilos.
3. Medir los parámetros de la tabla N°1 y colocar los valores en los casilleros correspondientes.
4. Medir los parámetros en la tabla N°2 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
5. Medir los parámetros en la tabla N°3 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
6. Medir los parámetros en la tabla N°4 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
7. Conecte el conductor neutro al punto estrella de la carga balanceada (motor) y realice las mismas mediciones de las tablas N°2, N°3, N°4 en las tablas N°5, N°6 y N°7.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

8. Con los datos obtenidos en la tabla N°5. Llene la tabla N°8 indicando los datos como fasores.
9. Realice el diagrama fasorial indicando los voltajes y corrientes en la tabla N°8
10. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
11. Generar el reporte de práctica realizada.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Carga trifásica balanceada conectada en estrella.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Carga trifásica balanceada conectada en estrella.
Tabla N°1
Tabla N°2
Tabla N°3


	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

Tabla N°4

Tabla N°5

Tabla N°6

Tabla N°7

Tabla N°8

i. CUESTIONARIO

1. ¿Qué diferencia de funcionamiento ocurre al conectar o desconectar el neutro en una carga balanceada en estrella?
2. Indique las características de una carga balanceada conectada en estrella.
3. Explique cómo funciona el sistema de medición de potencias y factor de potencia de un analizador de redes.

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CARGA TRIFÁSICA BALANCEADA CONECTADA EN ESTRELLA.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

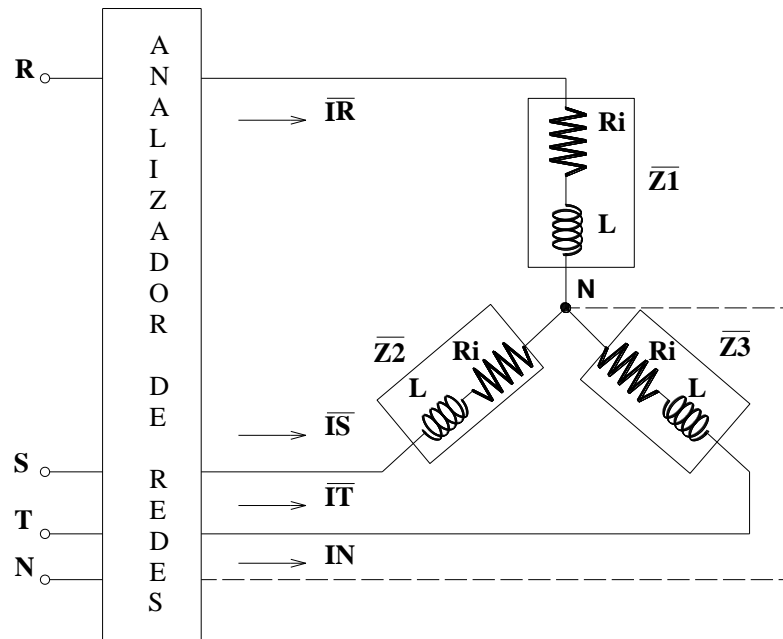


Figura 128. Diagrama eléctrico carga trifásica balanceada conectada en estrella. Prueba # 1 – Práctica # 19

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

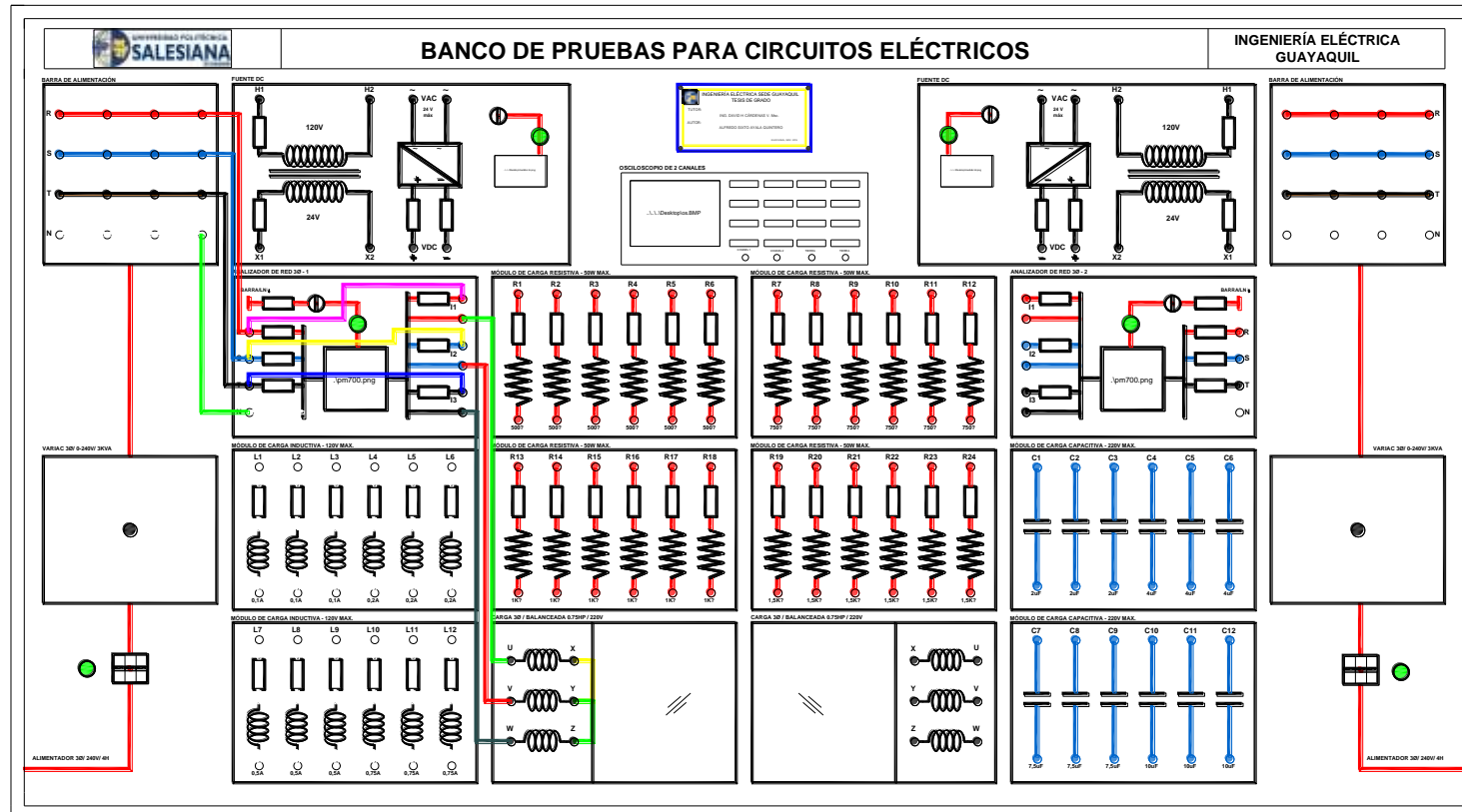


Figura 129. Diagrama de conexión carga trifásica balanceada conectada en estrella. Prueba # 1 – Práctica # 19

Fuente: El autor

RESULTADOS DE LA CARGA TRIFÁSICA BALANCEADA CONECTADA EN ESTRELLA

TABLA N°1: IMPEDANCIAS DEL MOTOR TRIFÁSICO						
PARÁMETROS	\bar{Z}_1		\bar{Z}_2		\bar{Z}_3	
	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]
TEÓRICOS	16.6	778	16.6	778	16.6	778
PRÁCTICOS	16.6	778	16.6	778	16.6	778

Tabla 52. Impedancias. Práctica # 19

TABLA N°2: VOLTAJES Y CORRIENTES (sin conductor neutro)										
PARÁMETROS	V_{RN}[V]	V_{SN}[V]	V_{TN}[V]	V_{RS}[V]	V_{ST}[V]	V_{TR}[V]	I_R[A]	I_S[A]	I_T[A]	I_N[A]
TEÓRICOS	127	127	127	220	220	220	0.408	0.408	0.408	x
PRÁCTICOS	127.9	125.7	128.3	220	219	222	0.408	0.373	0.414	x

Tabla 53. Voltajes y corrientes (sin conductor neutro). Práctica # 19

TABLA N°3: POTENCIAS POR FASE (sin conductor neutro)									
PARÁMETROS	Pz1 [W]	Pz2 [W]	Pz3 [W]	Qz1 [VAR]	Qz2 [VAR]	Qz3 [VAR]	Sz1 [VA]	Sz2 [VA]	Sz3 [VA]
TEÓRICOS	11.273	11.273	11.273	47.646	47.646	47.646	48.96	48.96	48.96
PRÁCTICOS	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabla 54. Potencias por fase (sin conductor neutro). Práctica # 19

Tabla N°3: No se puede medir con el analizador pues está configurado para 3 hilos, no tiene referencia a neutro, solo tenemos datos teóricos.

TABLA N°4: POTENCIAS TOTALES DE LA RED (sin conductor neutro)					
PARÁMETROS	Ptotal[W]	Qtotal[VAR]	Stotal[VA]	Fp Red	F[Hz]
TEÓRICOS	33.789	142.940	146.88	0.23	60
PRÁCTICOS	35	148	151	0.23	60

Tabla 55. Potencias totales de la red (sin conductor neutro). Práctica # 19

TABLA N°5: VOLTAJES Y CORRIENTES (con el conductor neutro)										
PARÁMETROS	V_{RN}[V]	V_{SN}[V]	V_{TN}[V]	V_{RS}[V]	V_{ST}[V]	V_{TR}[V]	I_R[A]	I_S[A]	I_T[A]	I_N[A]
TEÓRICOS	127	127	127	220	220	220	0.401	0.401	0.401	0.001
PRÁCTICOS	128	127	128	220	220	223	0.401	0.392	0.407	0.054

Tabla 56. Voltajes y corrientes (con el conductor neutro). Práctica # 19

TABLA N°6: POTENCIAS POR FASE (con el conductor neutro)									
PARÁMETROS	P_{Z1} [W]	P_{Z2} [W]	P_{Z3} [W]	Q_{Z1} [VAR]	Q_{Z2} [VAR]	Q_{Z3} [VAR]	S_{Z1} [VA]	S_{Z2} [VA]	S_{Z3} [VA]
TEÓRICOS	11.069	11.069	11.069	46.829	46.829	46.829	48.12	48.12	48.12
PRÁCTICOS	15	11	9	48	48	52	51	50	52

Tabla 57. Potencias por fase (con el conductor neutro). Práctica # 19

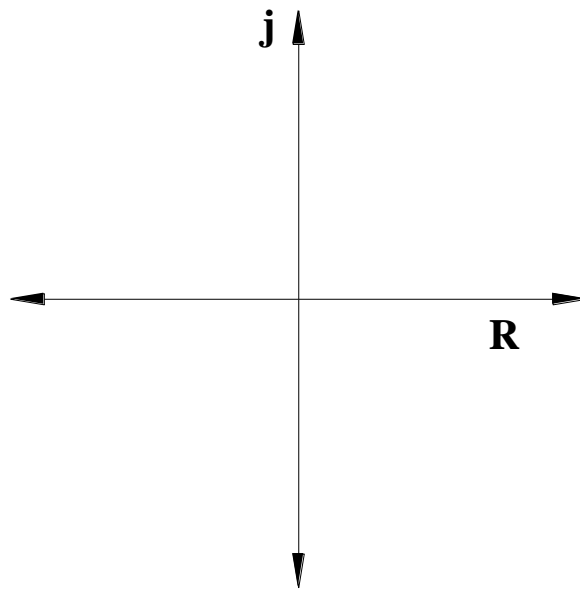
TABLA N°7: POTENCIAS TOTALES DE LA RED (con el conductor neutro)					
PARÁMETROS	P_{total}[W]	Q_{total}[VAR]	S_{total}[VA]	F_p Red	F[Hz]
TEÓRICOS	33.209	140.488	144.36	0.23	60
PRÁCTICOS	35	149	153	0.23	60

Tabla 58. Potencias totales de la red (con el conductor neutro). Práctica # 19

TABLA N°8: DIAGRAMA FASORIAL (con el conductor neutro)										
PARÁMETROS	\overline{VRN} [V]	\overline{VSN} [V]	\overline{VTN} [V]	\overline{VRS} [V]	\overline{VST} [V]	\overline{VTR} [V]	\overline{IR} [A]	\overline{IS} [A]	\overline{IT} [A]	\overline{IN} [A]
TEÓRICOS	127∠-30°	127∠-150°	127∠90°	220∠0°	220∠120°	220∠120°	0.401 ∠-116.82°	401 ∠-236.82°	401 ∠-3.18°	0.001 ∠0°
PRÁCTICOS	128∠-30°	127∠-150°	128∠90°	220∠0°	220∠120°	220∠120°	0.401 ∠-116.82°	0.392 ∠-236.82°	0.407 ∠-3.18°	0.054

Tabla 59. Diagrama fasorial (con el conductor neutro). Práctica # 19

DIAGRAMA FASORIAL DE VOLTAJES Y CORRIENTES




CONCLUSIONES

Comprobamos que en una carga balanceada en Y las impedancias son iguales, por este motivo utilizamos la carga trifásica más común, que es el motor.

El funcionamiento de la carga trifásica balanceada en estrella es igual con neutro o sin neutro, siempre y cuando el sistema de alimentación tenga 0% de desequilibrio.

Podemos comprobar que la potencia total es igual a la suma de sus potencias parciales o a su vez podemos aplicar la formula directa $PT = VLL \cdot IL \cdot \sqrt{3} \cdot Fp$, esta última solo es válida para cargas balanceadas.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.22. PRÁCTICA # 20

4.22.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 20**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.22.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** CARGA TRIFÁSICA BALANCEADA CONECTADA EN DELTA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Comprobar experimentalmente el comportamiento de cargas trifásicas balanceadas conectadas en delta
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Conectar impedancias de la misma característica en conexión delta a una red trifásica.
 - 2. Medir los parámetros eléctricos utilizando el analizador de redes.


	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Sistema de alimentación trifásico.
2. Impedancia conectada en Δ .
3. Diagrama fasorial.

e. PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Fig.130, utilizando las bobinas del motor trifásico del módulo, con voltaje línea a línea de 220V (Sin el cable del neutro conectado).
2. Configurar el analizador de redes en sistemas trifásicos en estrella de 3 hilos.
3. Medir los parámetros de la tabla N°1 y colocar los valores en los casilleros correspondientes.
4. Medir los parámetros en la tabla N°2 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
5. Medir los parámetros en la tabla N°3 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
6. Medir los parámetros en la tabla N°4 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
7. Con los datos obtenidos en la tabla N°2. Llene la tabla N°5, indicando los datos como fasores.
8. Realice el diagrama fasorial indicando los voltajes y corrientes en la tabla N°8
9. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
10. Generar el reporte de práctica realizada.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Carga trifásica balanceada conectada en delta.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

2. Prueba N°1: Carga trifásica balanceada conectada en delta.


Tabla N°1

Tabla N°2

Tabla N°3

Tabla N°4

Tabla N°5

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. Indique las características de una carga trifásica balanceada conectada en delta.
2. Indique la relación que existe entre las corrientes de fase y corrientes de línea.

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CARGA TRIFÁSICA BALANCEADA CONECTADA EN DELTA.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

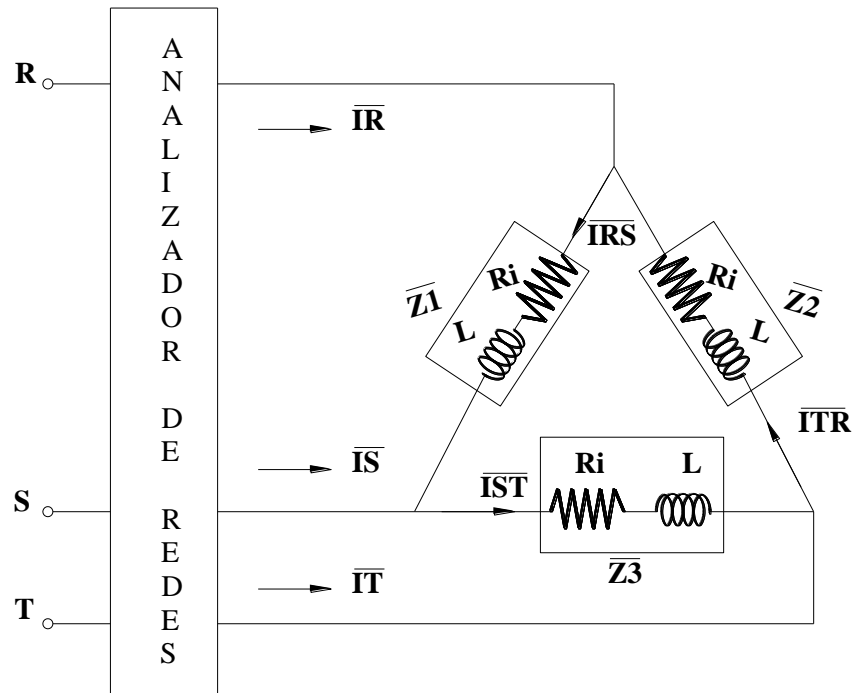


Figura 130. Diagrama eléctrico carga trifásica balanceada conectada en delta. Prueba # 1 – Práctica # 20

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

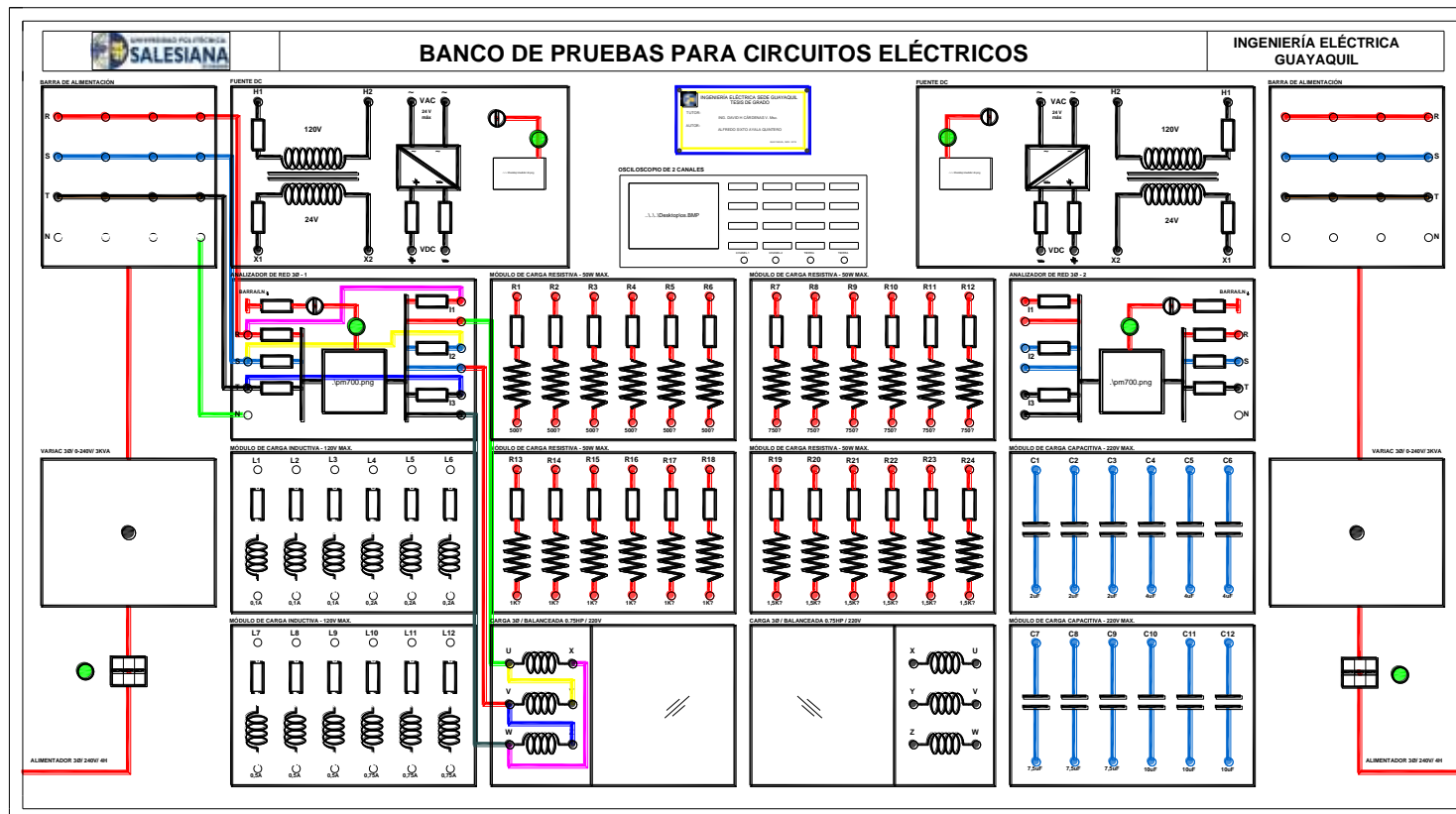


Figura 131. Diagrama de conexión carga trifásica balanceada conectada en delta. Prueba # 1 – Práctica # 20

Fuente: El autor

RESULTADOS DE LA CARGA TRIFÁSICA BALANCEADA CONECTADA EN DELTA

TABLA N°1: IMPEDANCIAS DEL MOTOR TRIFÁSICO						
PARÁMETROS	\bar{Z}_1		\bar{Z}_2		\bar{Z}_3	
	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]
TEÓRICOS	16.6	766	16.6	766	16.6	766
PRÁCTICOS	16.6	766	16.6	766	16.6	766

Tabla 60. Impedancias. Práctica # 20

TABLA N°2: VOLTAJES Y CORRIENTES									
PARÁMETROS	V_{RS}[V]	V_{ST}[V]	V_{TR}[V]	I_{RS}[A]	I_{ST}[A]	I_{TR}[A]	I_R[A]	I_S[A]	I_T[A]
TEÓRICOS	220	220	220	0.76	0.76	0.76	1.316	1.316	1.316
PRÁCTICOS	218	218	222	0.7	0.76	0.76	1.34	1.24	1.38

Tabla 61. Voltajes y corrientes. Práctica # 20

TABLA N°3: POTENCIAS POR FASE									
PARÁMETROS	Pz1 [W]	Pz2 [W]	Pz3 [W]	Qz1 [VAR]	Qz2 [VAR]	Qz3 [VAR]	Sz1 [VA]	Sz2 [VA]	Sz3 [VA]
TEÓRICOS	24.59	24.59	24.59	165.335	165.335	165.335	167.154	167.154	167.154
PRÁCTICOS	34	20	21	167	154	174	171	154	175

Tabla 62. Potencias por fase. Práctica # 20

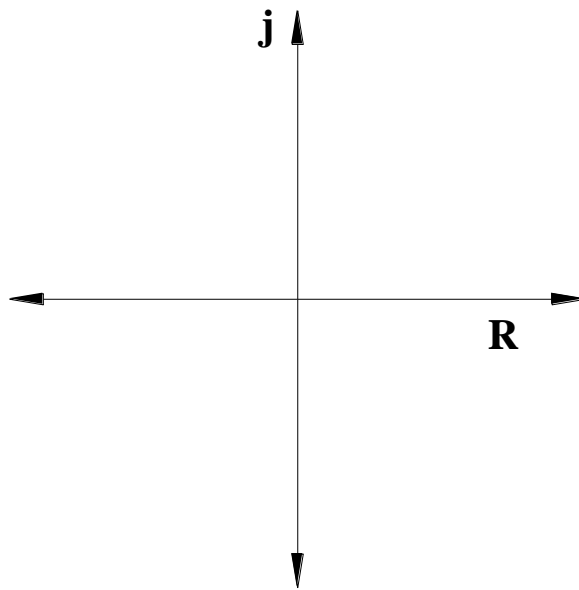
TABLA N°4: POTENCIAS TOTALES DE LA RED					
PARÁMETROS	Ptotal[W]	Qtotal[VAR]	Stotal[VA]	Fp Red	F[Hz]
TEÓRICOS	73.774	496.006	501.463	0.147	60
PRÁCTICOS	75	498	504	0.147	60

Tabla 63. Potencias totales de la red. Práctica # 20

TABLA N°5: DIAGRAMA FASORIAL									
PARÁMETROS	$\overline{V_{RS}}$ [V]	$\overline{V_{ST}}$ [V]	$\overline{V_{TR}}$ [V]	$\overline{I_{RS}}$ [A]	$\overline{I_{ST}}$ [A]	$\overline{I_{TR}}$ [A]	$\overline{I_R}$ [A]	$\overline{I_S}$ [A]	$\overline{I_T}$ [A]
TEÓRICOS	220∠0°	220∠-120°	220∠120°	0.76 ∠-86.71°	0.76 ∠-206.71°	0.76 ∠33.29°	1.316 ∠-116.71°	1.316 ∠-236.71°	1.316 ∠3.29°
PRÁCTICOS	218∠0°	218∠-120°	222∠120°	0.7 ∠-86.71°	0.76 ∠-206.71°	0.76 ∠33.29°	1.34 ∠-116.71°	1.24 ∠-236.71°	1.38 ∠3.29°

Tabla 64. Diagrama fasorial. Práctica # 20


DIAGRAMA FASORIAL DE VOLTAJES Y CORRIENTES



CONCLUSIONES

Comprobamos que en una carga balanceada en delta las impedancias son iguales, por este motivo utilizamos la carga trifásica más común, que es el motor.

Podemos comprobar que la potencia total es igual a la suma de sus potencias parciales o a su vez podemos aplicar la fórmula directa $PT = VLL \cdot IL \cdot \sqrt{3} \cdot Fp$, esta última solo es válida para cargas balanceadas.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.23. PRÁCTICA # 21

4.23.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA** N° 21
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.23.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** CARGA TRIFÁSICA DESBALANCEADA
CONECTADA EN ESTRELLA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Comprobar experimentalmente el comportamiento de cargas trifásicas desbalanceadas conectadas en estrella.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Conectar impedancias de diferentes características en conexión estrella a una red trifásica.
 - 2. Medir los parámetros eléctricos utilizando el analizador de redes.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


3. Comprobar el comportamiento e importancia del conductor neutro en cargas desbalanceadas en Y

d. MARCO TEÓRICO

1. Sistema de alimentación trifásico.
2. Impedancia conectada en Y.
3. Diagrama fasorial.

e. PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Fig.132, utilizando los elementos indicados en el mismo (Asegúrese de conectar el neutro).
2. Configurar el analizador de redes en sistemas trifásicos, conexión en estrella de 4 hilos.
3. Medir los parámetros de la tabla N°1 y llenar los casilleros con los valores correspondientes en la parte práctica y calcular en la parte teórica.
4. Medir los parámetros en la tabla N°2 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
5. Medir los parámetros en la tabla N°3 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
6. Medir los parámetros en la tabla N°4 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
7. Con los datos obtenidos en la tabla N°2. Llene la tabla N°5 indicando los datos como fasores.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

8. Realice el diagrama fasorial indicando los voltajes y corrientes en la tabla N°5
9. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
10. Generar el reporte de práctica realizada.

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS


1. Prueba N°1: Carga trifásica desbalanceada conectada en estrella.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Carga trifásica desbalanceada conectada en estrella.
Tabla N°1
Tabla N°2
Tabla N°3
Tabla N°4
Tabla N°5

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. Indique la importancia de conectar el cable neutro en el punto común de una carga trifásica desbalanceada en Y.
2. Demuestre de manera fasorial que la corriente en el neutro es igual a la suma de las corrientes de cada fase.
3. ¿Qué sucedería en la red si se desconecta el cable del neutro?

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CARGA TRIFÁSICA DESBALANCEADA CONECTADA EN ESTRELLA.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

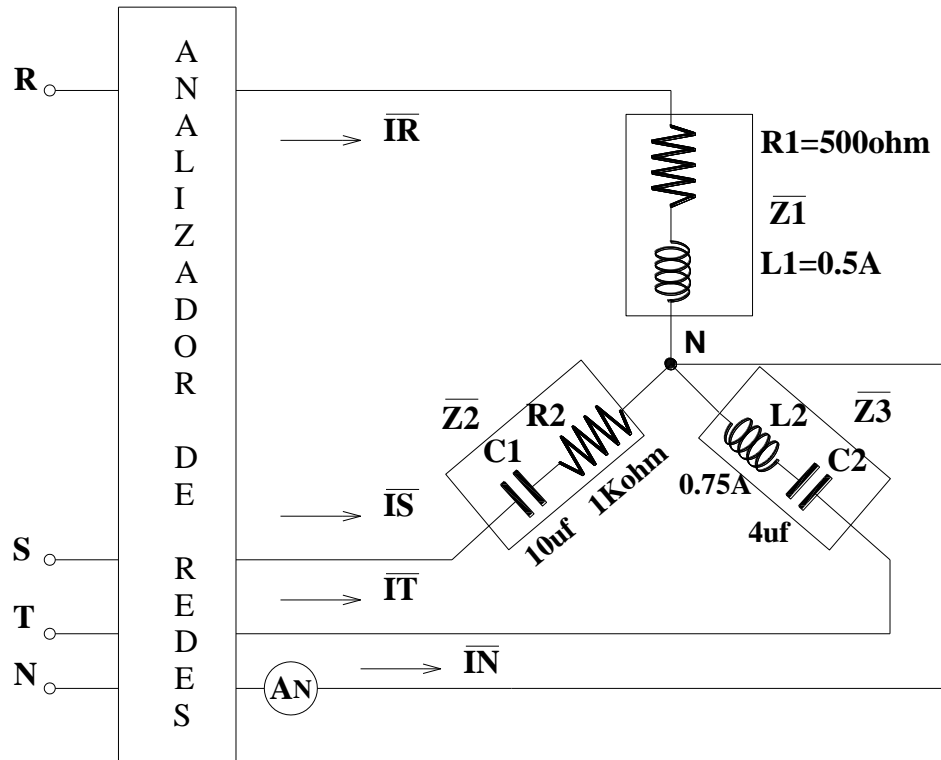


Figura 132. Diagrama eléctrico carga trifásica desbalanceada conectada en estrella. Prueba # 1 – Práctica # 21

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

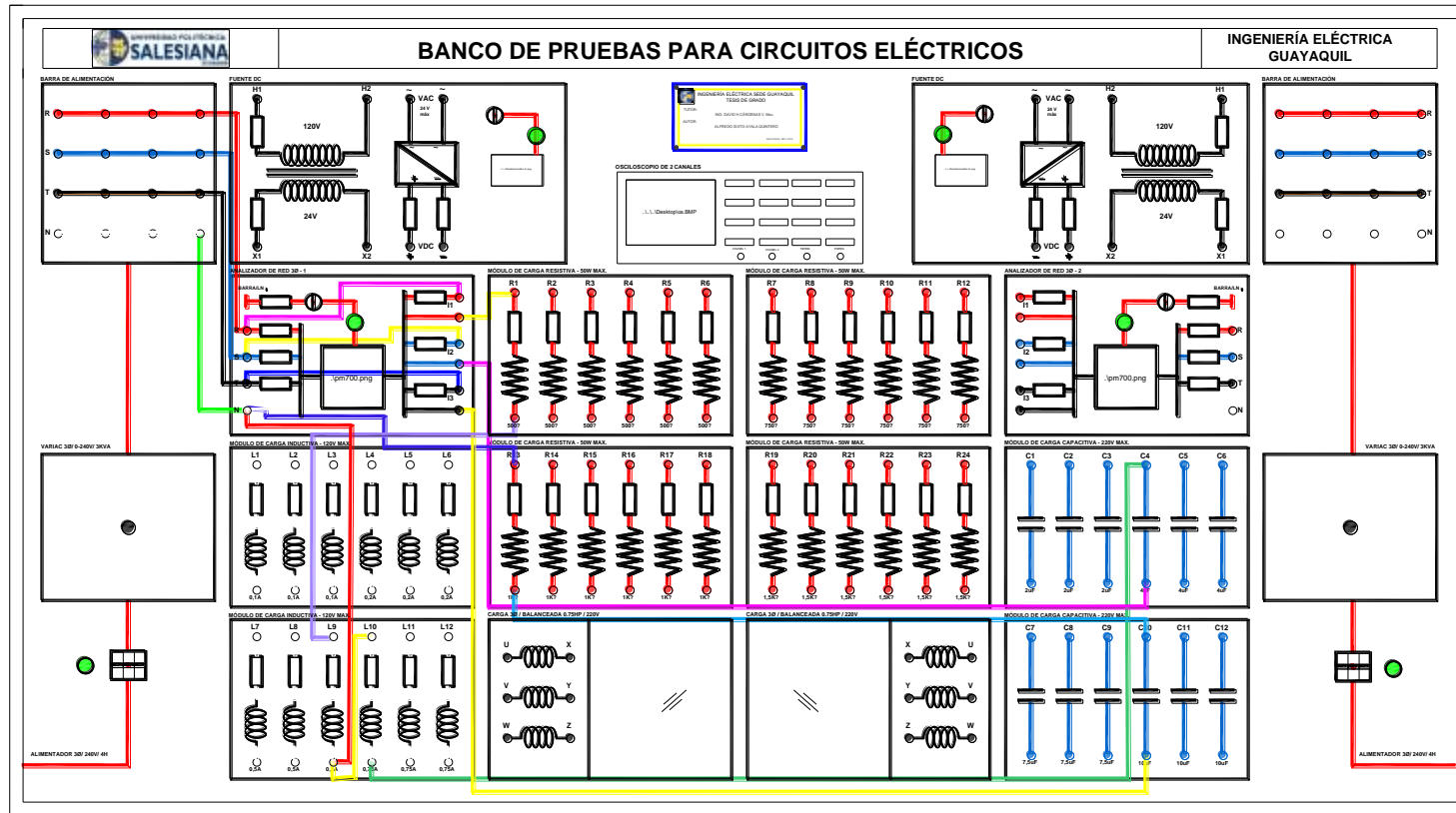


Figura 133. Diagrama de conexión carga trifásica desbalanceada conectada en estrella. Prueba # 1 – Práctica # 21

Fuente: El autor

RESULTADOS DE LA CARGA TRIFÁSICA DESBALANCEADA CONECTADA EN ESTRELLA

TABLA N°1: IMPEDANCIAS								
PARÁMETROS	R1 [Ω]	R2 [Ω]	L1		L2		C1 [uf]	C2 [uf]
			Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]		
TEÓRICOS	500	1K	8.1	8.602	5	11.366	10	4
PRÁCTICOS	529.5	993	8.1	8.602	5	11.366	10.2	4.05

Tabla 65. Impedancias. Práctica # 21

TABLA N°2: VOLTAJES Y CORRIENTES											
PARÁMETROS	V _{RN} [V]	V _{SN} [V]	V _{TN} [V]	V _{RS} [V]	V _{ST} [V]	V _{TR} [V]	I _R [A]	I _S [A]	I _T [A]	I _N [A]	A _N [A]
TEÓRICOS	127	127	127	220	220	220	0.226	0.122	0.192	0.235	0.235
PRÁCTICOS	128	126	129	220	220	220	0.189	0.123	0.209	0.28	0.26

Tabla 66. Voltajes y corrientes. Práctica # 21

TABLA N°3: POTENCIAS POR FASE									
PARÁMETROS	Pz1 [W]	Pz2 [W]	Pz3 [W]	Qz1 [VAR]	Qz2 [VAR]	Qz3 [VAR]	Sz1 [VA]	Sz2 [VA]	Sz3 [VA]
TEÓRICOS	25.488	13.759	21.653	13.195	7.123	11.21	28.7	15.493	24.38
PRÁCTICOS	21	15	0	12	-4	-27	24	16	27

Tabla 67. Potencias por fase. Práctica # 21

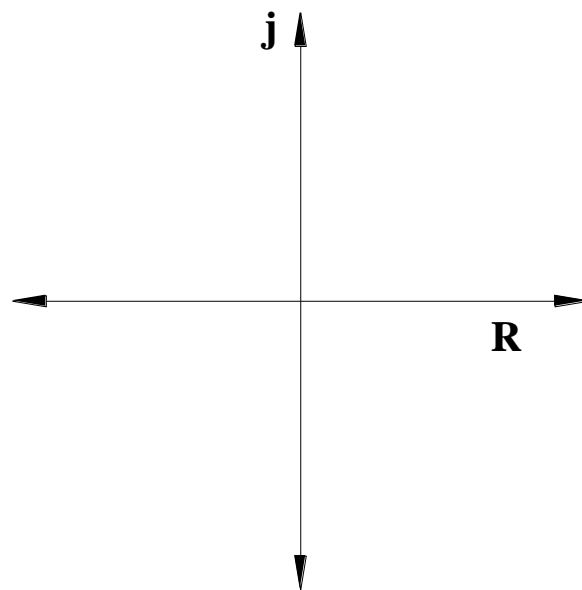
TABLA N°4: POTENCIAS TOTALES DE LA RED					
PARÁMETROS	Ptotal[W]	Qtotal[VAR]	Stotal[VA]	Fp Red	F[Hz]
TEÓRICOS	60.9	31.528	68.573	0.888/AT	60
PRÁCTICOS	36	-19	41	0.888/AT	60

Tabla 68. Potencias totales de la red. Práctica # 21

TABLA N°5: VALORES FASORIALES										
PARÁMETROS	\overline{VRN} [V]	\overline{VSN} [V]	\overline{VTN} [V]	\overline{VRS} [V]	\overline{VST} [V]	\overline{VTR} [V]	\overline{IR} [A]	\overline{IS} [A]	\overline{IT} [A]	\overline{IN} [A]
TEÓRICOS	127∠-30°	127∠-150°	127∠90°	220∠0°	220∠-120°	220∠120°	0.226 ∠-110.72°	0.122 ∠-164.85°	0.192 ∠180°	0.235 ∠-85.13°
PRÁCTICOS	128∠-30°	126∠-150°	129∠90°	220∠0°	220∠-120°	220∠120°	0.189 ∠-110.72°	0.123 ∠-164.85°	0.209 ∠180°	0.28

Tabla 69. Diagrama fasorial. Práctica # 21


DIAGRAMA FASORIAL DE VOLTAJES Y CORRIENTES



CONCLUSIONES

Se demuestra el comportamiento experimental de una carga trifásica desbalanceada conectada en estrella donde se observa que es fundamental conectar el cable del neutro en el punto Y, de lo contrario la corriente de desequilibrio efectuaría la red, llegando en muchos casos a activar las protecciones.

De forma teórica se demuestra que la corriente del neutro resulta de la suma “fasorial” de las corrientes de fase.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.24. PRÁCTICA # 22

4.24.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA** N° 22
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.24.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** CARGA TRIFÁSICA DESBALANCEADA CONECTADA EN DELTA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Comprobar experimentalmente el comportamiento de cargas trifásicas desbalanceadas conectadas en delta
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Conectar impedancias de diferentes características en conexión delta a una red trifásica.
 - 2. Medir los parámetros eléctricos utilizando el analizador de redes.


	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Sistema de alimentación trifásico.
2. Impedancia conectada en Δ .
3. Diagrama fasorial.

e. PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Fig.134, utilizando las bobinas del motor trifásico del módulo, con voltaje línea a línea de 220V.
2. Configurar el analizador de redes en sistemas trifásicos conexión delta de 3 hilos.
3. Medir los parámetros de la tabla N°1 y colocar los valores en los casilleros correspondientes.
4. Medir los parámetros en la tabla N°2 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
5. Medir los parámetros en la tabla N°3 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
6. Medir los parámetros en la tabla N°4 y llenar los datos en los casilleros correspondientes.
7. Con los datos obtenidos en la tabla N°2. Llene la tabla N°5, indicando los datos como fasores.
8. Realice el diagrama fasorial indicando los voltajes y corrientes en la tabla N°8
9. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
10. Generar el reporte de práctica realizada.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Prueba N°1: Carga trifásica desbalanceada conectada en delta.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Carga trifásica desbalanceada conectada en delta.


Tabla N°1

Tabla N°2

Tabla N°3

Tabla N°4

Tabla N°5

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. Demuestre la relación que existe entre las corrientes de línea y las corrientes de fase en una carga trifásica en delta desbalanceada.

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: CARGA TRIFÁSICA DESBALANCEADA CONECTADA EN DELTA.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

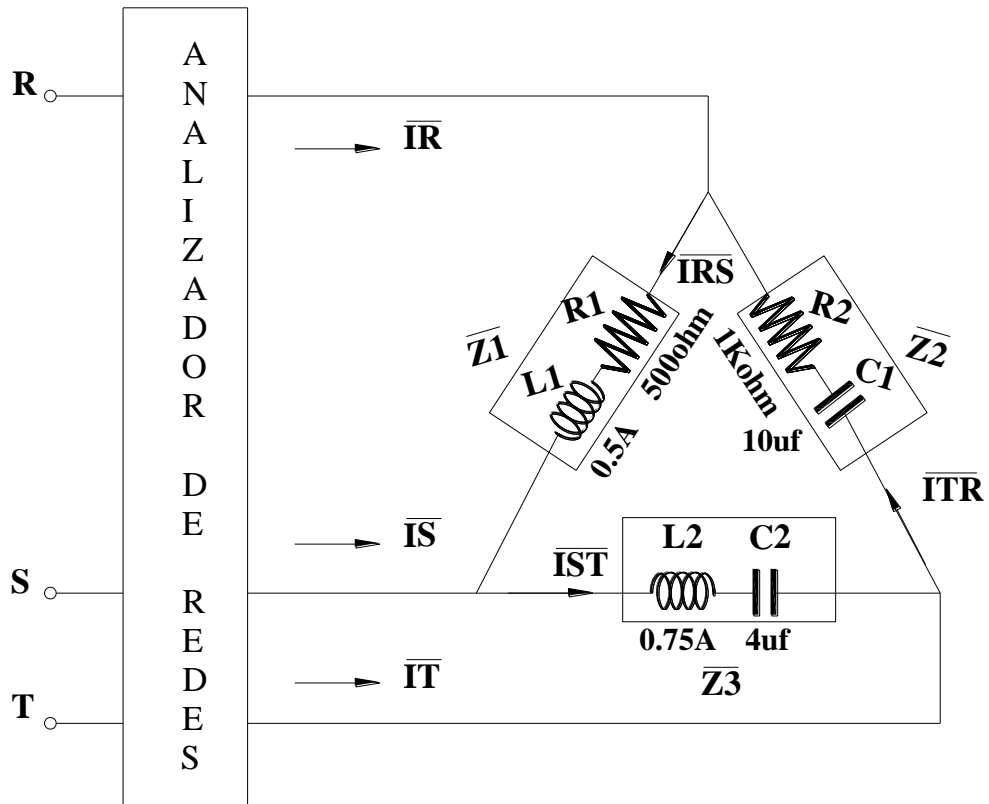


Figura 134. Diagrama eléctrico carga trifásica desbalanceada conectada en delta. Prueba # 1 – Práctica # 22

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

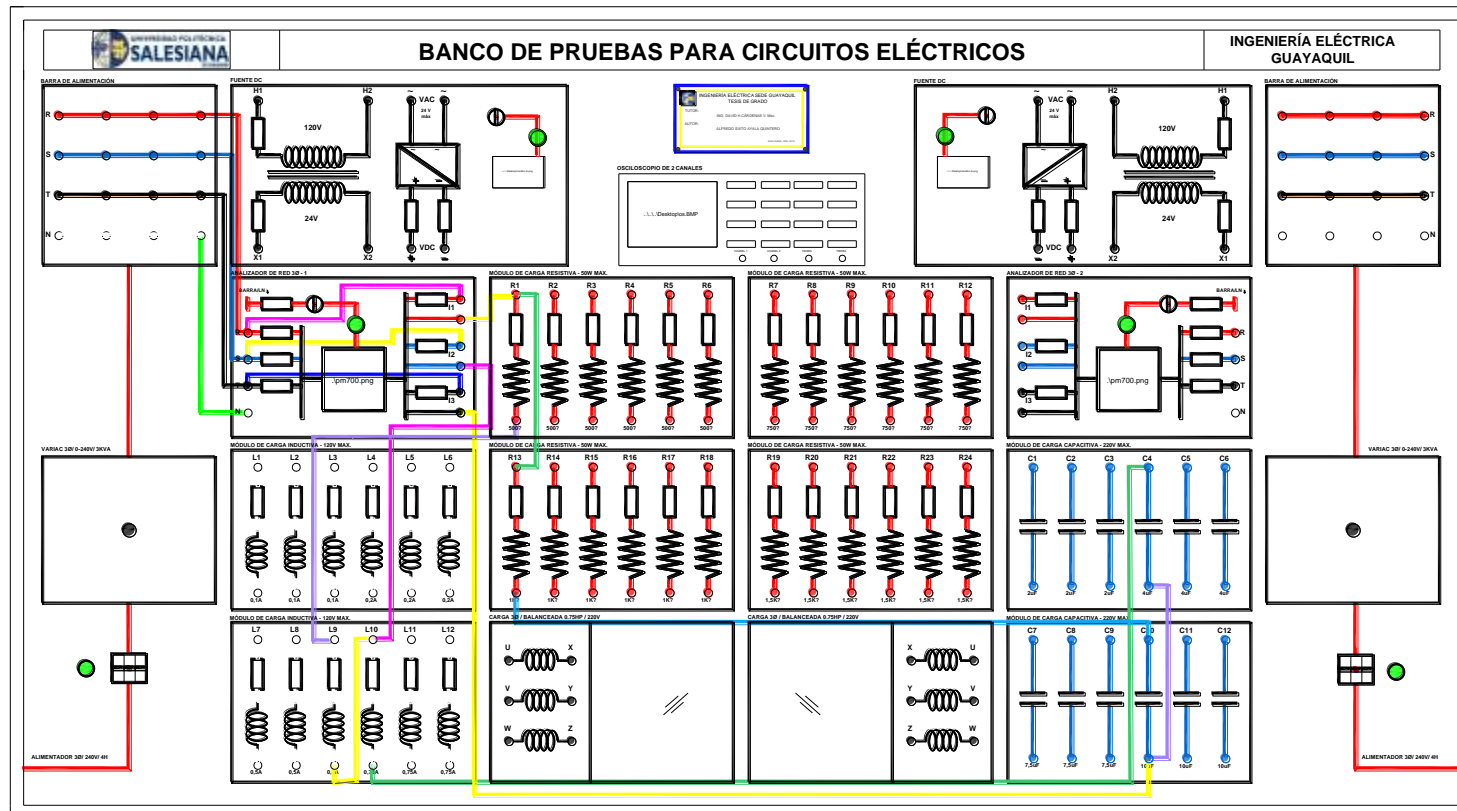


Figura 135. Diagrama de conexión carga trifásica desbalanceada conectada en delta. Prueba # 1 – Práctica # 22

Fuente: El autor

RESULTADOS DE LA CARGA TRIFÁSICA DESBALANCEADA CONECTADA EN DELTA

TABLA N°1: IMPEDANCIAS								
PARÁMETROS	R1 [Ω]	R2 [Ω]	L1		L2		C1 [uf]	C2 [uf]
			Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]		
TEÓRICOS	500	1K	8.1	1882.291	5	3.071	10	4
PRÁCTICOS	529.5	993	8.1	1882.291	5	3.071	10.2	4.05

Tabla 70. Impedancias. Práctica # 22

TABLA N°2: VOLTAJES Y CORRIENTES									
PARÁMETROS	Vrs[V]	Vst[V]	Vtr[V]	Irs[A]	Ist[A]	itr[A]	Ir[A]	Is[A]	It[A]
TEÓRICOS	220	220	220	0.248	0.214	0.336	0.430	0.370	0.581
PRÁCTICOS	221	220	224	0.31	0.34	0.19	0.43	0.548	0.574

Tabla 71. Voltajes y corrientes. Práctica # 22

TABLA N°3: POTENCIAS POR FASE									
PARÁMETROS	Pz1 [W]	Pz2 [W]	Pz3 [W]	Qz1 [VAR]	Qz2 [VAR]	Qz3 [VAR]	Sz1 [VA]	Sz2 [VA]	Sz3 [VA]
TEÓRICOS	48.613	41.948	65.86	24.769	21.373	33.558	54.559	47.079	73.916
PRÁCTICOS	1	68	42	-5	6	-59	5	69	73

Tabla 72. Potencias por fase. Práctica # 22

Tabla N°3= El signo menos (-) en la potencia reactiva, mostrada por el analizador de redes, significa que la impedancia es predominantemente capacitiva

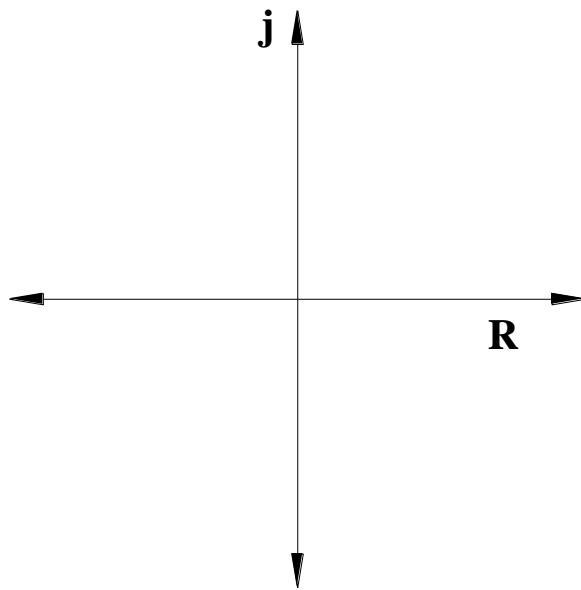
TABLA N°4: POTENCIAS TOTALES DE LA RED					
PARÁMETROS	Ptotal[W]	Qtotal[VAR]	Stotal[VA]	Fp Red	F[Hz]
TEÓRICOS	156.421	79.7	175.554	0.891AT	60
PRÁCTICOS	113	-58	127	0.891AT	60

Tabla 73. Potencias totales de la red. Práctica # 22

TABLA N°5: DIAGRAMA FASORIAL									
PARÁMETROS	\overline{VRS} [V]	\overline{VST} [V]	\overline{VTR} [V]	\overline{IRS} [A]	\overline{IST} [A]	\overline{ITR} [A]	\overline{IR} [A]	\overline{IS} [A]	\overline{IT} [A]
TEÓRICOS	220∠0°	220∠-120°	220∠120°	0.248 ∠-53.27°	0.214 ∠-134.67°	0.336 ∠210°	0.430 ∠-83.27°	0.370 ∠-164.67°	0.581 ∠180°
PRÁCTICOS	218∠0°	218∠-120°	222∠120°	0.31 ∠-53.27°	0.34 ∠-134.67°	0.19 ∠210°	0.043 ∠-83.27°	0.548 ∠-164.67°	0.574 ∠180°

Tabla 74. Diagrama fasorial. Práctica # 22


DIAGRAMA FASORIAL DE VOLTAJES Y CORRIENTES



CONCLUSIONES

Se demostró el funcionamiento de una carga trifásica desbalanceada en Δ , esta situación se encuentra de manera real en transformadores de distribución.

No podemos asumir que en magnitud la corriente de línea es $\sqrt{3}$ mayor que la corriente de fase, ni tampoco que el ángulo adelanta 30° , la única forma de saber su cálculo exacto es aplicando la ley de corrientes de Kirchhoff en los nodos de la carga.

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


4.25. PRÁCTICA # 23

4.25.1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Circuitos eléctricos II
- b. **PRÁCTICA N° 23**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. DAVID H. CÁRDENAS V. Msc.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.25.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** COMPENSACIÓN REACTIVA EN SISTEMAS TRIFÁSICOS
- b. **OBJETIVO GENERAL:**
 - 1. Corregir el factor de potencia en una red trifásica cuando se encuentre por debajo de los límites permitidos.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - 1. Determinar el factor de potencia de una red trifásica mediante el analizador de redes.
 - 2. Identificar si el factor de potencia debe ser corregido.
 - 3. Calcular el banco de compensación reactiva que se debe conectar a la red para tener un factor de potencia cercano a 0.8 en atraso.


	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

d. MARCO TEÓRICO

1. Potencias en sistemas trifásicos.
2. Cargas trifásicas.
3. Factor de potencia.
4. Triangulo de potencias.

e. PROCEDIMIENTO

1. Realice el circuito de la Fig.136, con los elementos mostrados, aplicando solo el motor trifásico, con $V_{LL}=220V$.
2. Configurar el analizador de redes en sistemas trifásicos en estrella de 4 hilos.
3. Medir los parámetros de la tabla N°1 y llenar los casilleros correspondientes, calcular los datos teóricos.
4. Tome los datos del analizador de redes y llene la tabla N°2.
5. Tome los datos de potencias de la red con el analizador y llene la tabla N°3.
6. Analice la tabla N°3 y revise si el factor de potencia de la red es menor a 0.8 en atraso.
7. Calcule en una hoja anexa el banco de capacitores que debe colocar (parte b) ármelo y conecte en paralelo a la red.
8. Llene la tabla N°4 y N°5.
9. Examine los resultados obtenidos y emita conclusiones.
10. Generar el reporte de práctica realizada.

	REVISIÓN 1/1	
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

f. ANÁLISIS Y PRUEBAS


1. Prueba N°1: Compensación reactiva en sistemas trifásicos.
2. Análisis y conclusiones.

g. RECURSOS

1. Tablero del banco de pruebas para circuitos eléctricos.
2. Diagrama eléctrico
3. Diagrama de conexión
4. Cables de conexión
5. Equipos para medición.
6. Formato de valores para registro de resultados.

h. REGISTRO DE RESULTADOS

1. Prueba N°1: Compensación reactiva en sistemas trifásicos.
Tabla N°1
Tabla N°2
Tabla N°3
Tabla N°4
Tabla N°5

	REVISIÓN 1/1	
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

i. CUESTIONARIO

1. ¿Qué es el factor de potencia?
2. ¿Cuándo se denomina que un factor de potencia es bajo y cuáles son los inconvenientes que provoca en una red?
3. ¿Qué beneficios se obtienen al tener un factor de potencia cercano a la unidad en una red?

j. ANEXOS

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados.
4. Formato para registro de datos experimentales y teóricos.

k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). www.schneider-electric.com.

l. CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

PRUEBA N°1: COMPENSACIÓN REACTIVA EN SISTEMAS TRIFÁSICOS

DIAGRAMA ELÉCTRICO

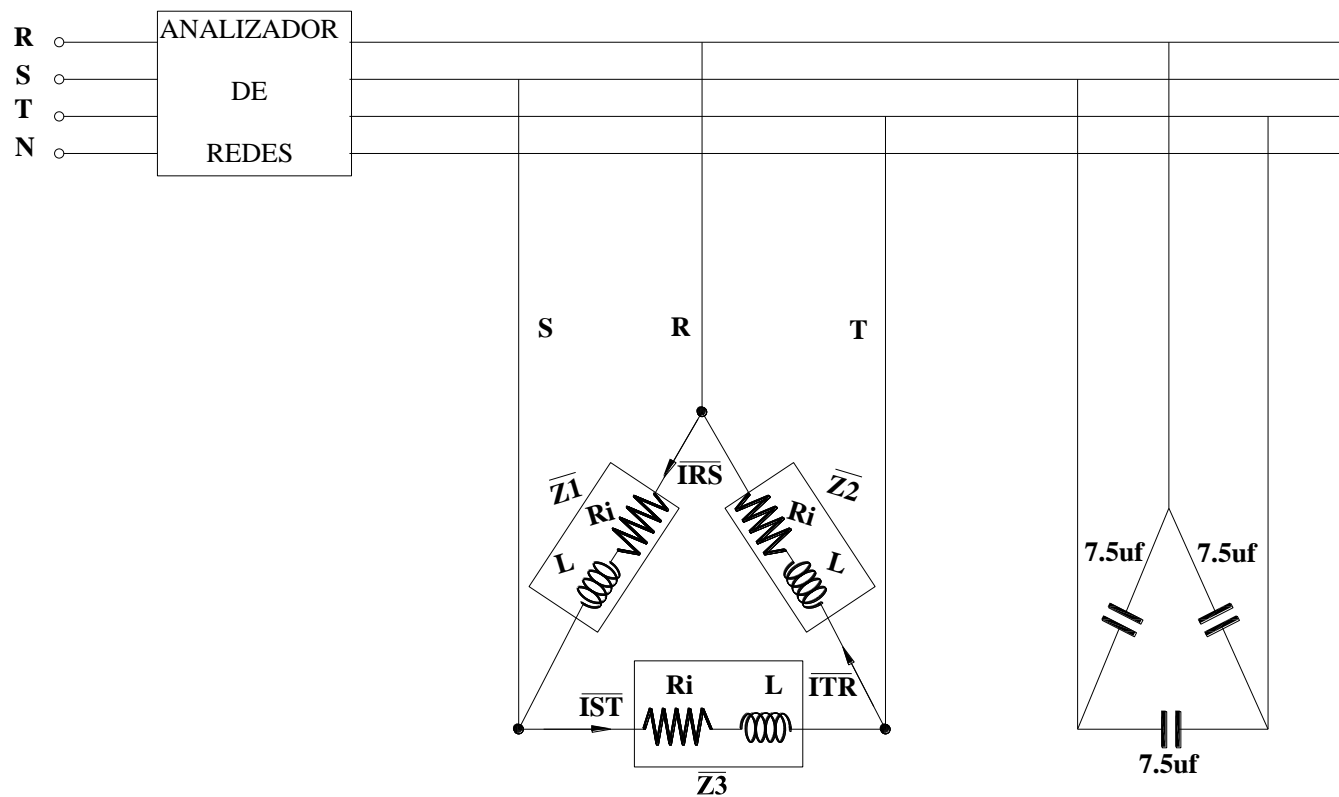


Figura 136. Diagrama eléctrico compensación reactiva en sistemas trifásicos. Prueba # 1 – Práctica # 23

Fuente: El autor

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

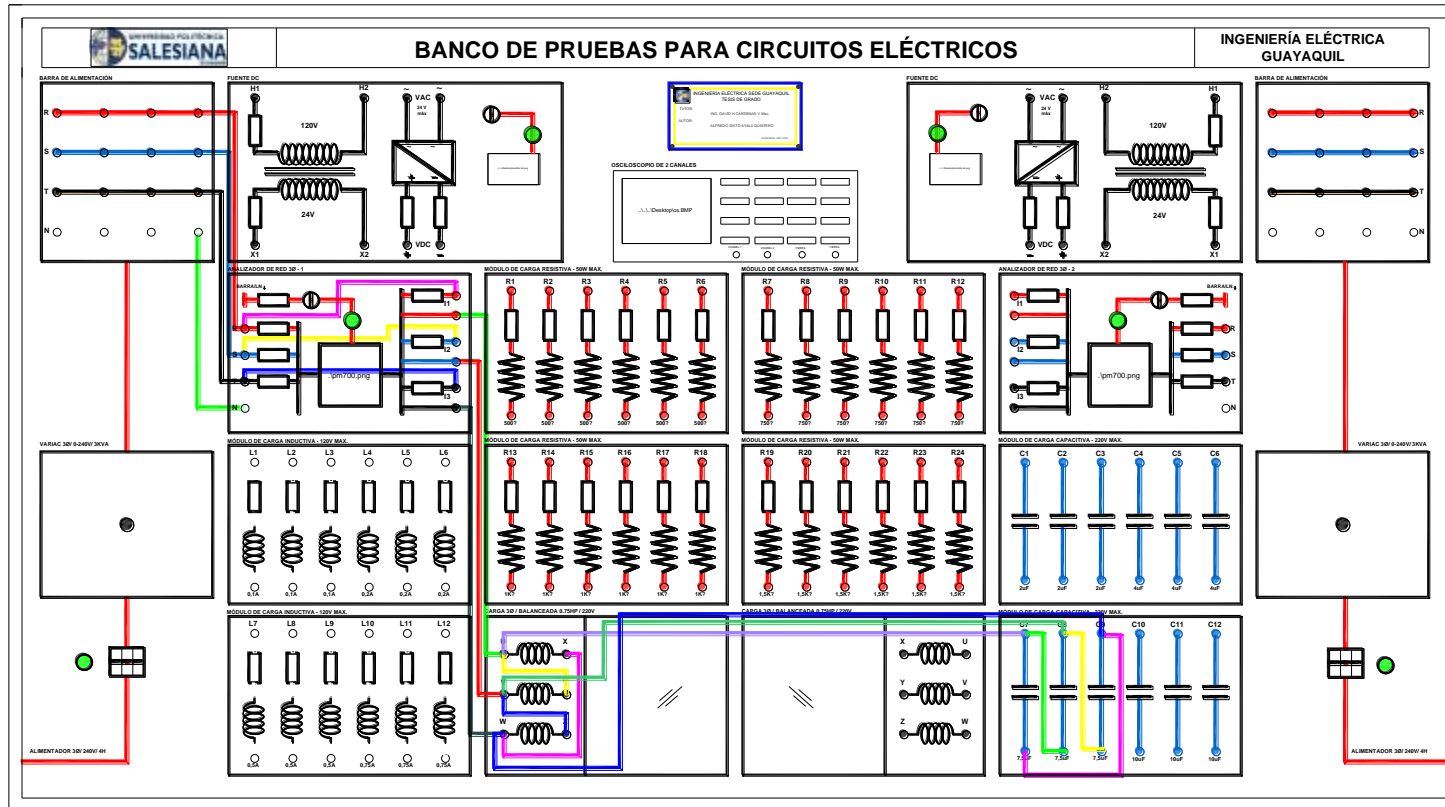


Figura 137. Diagrama de conexión compensación reactiva en sistemas trifásicos. Prueba # 1 – Práctica # 23

Fuente: El autor

RESULTADOS DE COMPENSACIÓN REACTIVA EN SISTEMAS TRIFÁSICOS

TABLA N°1: IMPEDANCIAS DEL MOTOR TRIFÁSICO						
PARÁMETROS	\bar{Z}_1		\bar{Z}_2		\bar{Z}_3	
	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]	Ri [Ω]	L [mH]
TEÓRICOS	16.6	766	16.6	766	16.6	766
PRÁCTICOS	16.6	766	16.6	766	16.6	766

Tabla 75. Impedancias. Práctica # 23

Parte A

TABLA N°2: VOLTAJES Y CORRIENTES									
PARÁMETROS	V_{RS}[V]	V_{ST}[V]	V_{TR}[V]	I_{RS}[A]	I_{ST}[A]	I_{TR}[A]	I_R[A]	I_S[A]	I_T[A]
TEÓRICOS	220	220	220	0.76	0.76	0.76	1.316	1.316	1.316
PRÁCTICOS	220	219	222	0.73	0.75	0.77	1.34	1.27	1.37

Tabla 76. Voltajes y corrientes. Práctica # 23

TABLA N°3: POTENCIAS POR FASE									
PARÁMETROS	Pz1 [W]	Pz2 [W]	Pz3 [W]	Qz1 [VAR]	Qz2 [VAR]	Qz3 [VAR]	Sz1 [VA]	Sz2 [VA]	Sz3 [VA]
TEÓRICOS	24.59	24.59	24.59	165.335	165.335	165.335	167.154	167.154	167.154
PRÁCTICOS	31	20	22	167	169	173	170	160	174

Tabla 77. Potencias por fase. Práctica # 23

TABLA N°3: POTENCIAS TOTALES DE LA RED					
PARÁMETROS	Ptotal[W]	Qtotal[VAR]	Stotal[VA]	Fp Red	F[Hz]
TEÓRICOS	73.774	496.006	501.463	0.147	60
PRÁCTICOS	73	498	503	0.146	60

Tabla 78. Potencias totales de la red. Práctica # 23

Parte B

TABLA N°4: VOLTAJES Y CORRIENTES									
PARÁMETROS	V_{RS}[V]	V_{ST}[V]	V_{TR}[V]	I_{RS}[A]	I_{ST}[A]	I_{TR}[A]	I_R[A]	I_S[A]	I_T[A]
TEÓRICOS	220	220	220	0.214	0.134	0.211	0.371	0.233	0.367
PRÁCTICOS	220	220	223	0.214	0.134	0.211	0.371	0.233	0.367

Tabla 79. Voltajes y corrientes. Práctica # 23

TABLA N°3: POTENCIAS POR FASE									
PARÁMETROS	P_{Z1} [W]	P_{Z2} [W]	P_{Z3} [W]	Q_{Z1} [VAR]	Q_{Z2} [VAR]	Q_{Z3} [VAR]	S_{Z1} [VA]	S_{Z2} [VA]	S_{Z3} [VA]
TEÓRICOS	24.59	24.59	24.59	31	26	39	47	26	46
PRÁCTICOS	31	19	22	31	26	39	47	26	46

Tabla 80. Potencias por fase. Práctica # 23

TABLA N°5: POTENCIAS TOTALES DE LA RED					
PARÁMETROS	P_{total}[W]	Q_{total}[VAR]	S_{total}[VA]	F_p Red	F[Hz]
TEÓRICOS	73.774	96	127	0.59	60
PRÁCTICOS	74	96	127	0.59	60

Tabla 81. Potencias totales de la red. Práctica # 23

CONCLUSIONES

Se demostró el funcionamiento de una red trifásica con un bajo factor de potencia (con un motor trifásico), esto se realizó para poder corregir el sistema mediante el cálculo de un banco de capacitores y llegar a un factor de potencia cercano a uno.

Podemos constatar los beneficios de la red con un factor de potencia cercano a uno mediante la comparación de las tablas N°2 y N°4, en las lecturas de corrientes.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

5.1. CONCLUSIONES FINALES

Finalmente, al observar el tablero mencionaremos lo más relevante durante el proceso de diseñar y construir como cada una de las prácticas que se realizaron para repotenciar la clase en las asignaturas de circuito I y II.

En el procedimiento se empezó con la construcción al adquirir los tubos que serían la estructura, la plancha que fue un largo proceso para que todo quede acepto, luego de realizar las perforaciones y los calados se imprimió el diseño en material de lona para encintarlo sobre la plancha hasta quedar fijo, finalmente las perforaciones se las realizo con broca de 5mm de diámetro y los calados se cortó con una tijera de metal dando la forma y medida para el montaje de los equipos.

Contiene diecinueve secciones incluyendo el osciloscopio portátil ya que en el laboratorio de circuito eléctricos no contamos con este tipo de herramienta que proporcione la ayuda necesaria para la instrucción académica de las asignaturas de circuitos eléctricos I y II demostrando el desfase de voltajes y corrientes en diferentes tipos de conexiones

Se desarrollaron veintitrés prácticas con el fin en abarcar todo el cronograma de las asignaturas de circuitos I y II que servirán para material didáctico de enseñanza las mismas que contienen pruebas experimentales y teóricas que formaran al estudiante en su aprendizaje sobre la temática de circuito eléctricos como las que citaremos a continuación: ley de Ohm, ley Kirchhoff, método de malla DC y AC, teorema de Thevenin, cargas en sistemas trifásicos eléctricos. Cabe mencionar que este banco de pruebas contiene su manual de prácticas y fichas de mantenimiento preventivo que sirven para el funcionamiento adecuado del mismo.

5.2. RECOMENDACIONES FINALES

El proyecto de titulación con todo el análisis y desarrollo de las prácticas aportará a la carrera de ingeniería eléctrica, facilitando al docente para que el estudiante se interese y aproveche al máximo el tiempo de aprendizaje de las asignaturas de circuitos I y II, esto les beneficiará para el entendimiento en el contenido de las materias.

Se recomienda antes de encender el banco de pruebas el docente explicara al estudiante el uso de los equipos costosos que lo conforman, manual de usuario, normas de seguridad y protocolos de mantenimiento.

Para conservar en excelente estado este banco de pruebas, el docente podrá contar con la participación opcional valorada de los estudiantes para ejecutar los protocolos de mantenimiento preventivo. Al igual que el personal de mantenimiento de la UPS-G se recomienda hacer uso de los protocolos de este banco de pruebas.

Se recomienda que el estudiante no hará uso del banco de prueba por sí solo, sino bajo la supervisión del docente a cargo de estas materias. Antes de utilizar el tablero el docente explicara el uso de los equipos costosos que contiene. Además, el estudiante debe tener los conceptos claros sobre los temas de circuitos eléctricos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos (3 ed.). Mexico: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Autodesk. (2016). Autodesk Inc. Obtenido de Autodesk Inc.: www.autodesk.mx/education/free-software/autocad
- Boylestad, R. (2011). Introducción al análisis de circuitos (12 ed.). México: Pearson Educación.
- Chapman, S. J. (2011). Fundamentos de Maquinas Eléctricas. México: Mc Graw-Hill.
- Comunicaciones Ópticas, Universidad de Valladolid . (s.f.). La Función exponencial. Los fasores. Obtenido de http://delibes.tel.uva.es/tutorial_cir/tema5/fasores.html#5
- Elche, U. M. (s.f.). Análisis de Circuitos y Sistemas Lineales. Obtenido de http://repositorio.innovacionmh.es/Proyectos/P_19/Tema_2/index.htm
- Electricidad y Automatismo. (s.f.). Obtenido de <http://www.nichese.com/mapa.html>
- Enríquez, G. H. (2004). El libro practico de los generadores, transformadores y motores eléctricos. México: Limusa.
- Equipos y Laboratorio de Colombia S.A.S. . (2011-2015). DEFINICION, USO Y TIPOS DE OSCILOSCOPIOS. Obtenido de http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1484
- FLOYD, T. L. (2007). Principios de circuitos eléctricos (8ed.). México: Pearson Educación.
- Fraile, J. M. (2012). Circuitos Electricos. Madrid: Pearson Educacion S.A.
- Gallegos, R. (s.f.). One Touch. Electro Industria. Obtenido de www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1290
- Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2007). Análisis de circuitos en Ingeniería (7 ed.). México: Mc Graw-Hill.
- Irwin, J. D. (2003). Análisis Básico de Circuitos en Ingeniería (6ed). México: Limusa.
- Ltda., P. (s.f.). Tableros Eléctricos, un factor de importancia. Obtenido de <http://www.prospectiva.cl/index.php/8-noticias-y-novedades/8-tableros-electricos>
- Molina Marticorena, J. L. (2002). Profesor Molina. Obtenido de Profesor Molina: http://www.profesormolina.com.ar/tutoriales/circ_elec.htm

- Monterrey, I. T. (2015). Circuitos RLC. Obtenido de http://www.mty.itesm.mx/etie/elearning/circuitos1/webpages/p6_explicacion.htm
- Nichese. (s.f.). Electricidad y Automatismo. Obtenido de Electricidad y Automatismo: <http://www.nichese.com/mapa.html>
- Nilsson, J. W., & Riedel, S. A. (2005). Circuitos eléctricos (7ed). México: Pearson Educación.
- Profesional, C. I. (s.f.). Análisis de los circuitos de Corriente Alterna. Obtenido de http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=1&id_sec=9
- Robbins, A. H., & Miller, W. C. (2007). Análisis de circuitos: teoría y práctica (4 ed.). México: Cenage Learning.
- Telecomunicación, E. T. (s.f.). Universidad de Valladolid. Obtenido de Universidad de Valladolid: http://delibes.tel.uva.es/tutorial_cir/tema5/fasores.html#5
- Trifasicos, C. (s.f.). Circuitos Trifasicos. Obtenido de Circuitos Trifasicos: <http://www.trifasicos.com/wp/conceptos/>
- Vadillo, D. M. (2012). Montaje y reparación de sistemas eléctricos y electrónicos de bienes de equipos y maquinas industriales. Innova.