



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

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

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE SISTEMAS TRIFÁSICOS DE TRANSFORMADORES**

**CONEXIÓN Y – Y**

**AUTORES:**

**JOHN ALEX BURBANO GALLEGOS**

**JOSUÉ DAVID CEVALLOS COTRINA**

**DIRECTOR:**

**ING. OTTO W. ASTUDILLO A. MAE.**

**GUAYAQUIL, ABRIL 2015**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Declaramos que la responsabilidad de las pruebas, análisis, planteamientos e hipótesis expuestas en esta tesis de grado, nos corresponden exclusivamente en su totalidad, y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR.

Guayaquil, marzo del 2015

---

JOHN ALEX BURBANO GALLEGOS

---

JOSUÉ DAVID CEVALLOS COTRINA

## **AGRADECIMIENTO**

A la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR SEDE GUAYAQUIL, que acertadamente nos han permitido a través del excelentísimo cuerpo docente, formarnos como profesionales acogiendo de ellos los conocimientos tanto académicos, humanos y espirituales. Para así culminar de manera satisfactoria y convertirnos en profesionales de tercer nivel.

Los Autores

## **DEDICATORIA**

Primero deseo dedicar esta tesis a Dios por ser tan perfecto y maravilloso, haberme dado la vida y situarme hasta donde he llegado en mi formación profesional. A mi hermosa familia mi esposa, mis hijas las que me han dado siempre ese apoyo incondicional, ese empuje esa fortaleza para culminar de una manera magnifica esta etapa universitaria. Y por supuesto no podría faltar mi querida madre quien con sus oraciones siempre me ha tenido presente transmitiéndome su amor, su bondad y sus bendiciones lo que me ha servido en este sacrificio a lo largo de estos 5 años gracias.

JOHN

Deseo dedicar este proyecto de tesis a mi Padre Celestial que es guía en mi vida y gracias a él estoy culminando un capítulo en mi vida profesional. A mis padres que me dieron la vida, a mi hermana y a mi familia, que siempre cuento con ellos ya que me dan el apoyo completo y absoluto para poder llegar a cumplir este objetivo. A mis dos abuelos que ya no están conmigo, pero sé que desde el cielo me cuidan y me dan la suficiente fuerza para jamás rendirme. Así mismo a esa persona especial que siempre me apoyo en todos los momentos durante esta etapa universitaria. Y a mis compañeros de tesis que siempre han estado apoyándome durante ésta época universitaria. Muchas gracias.

JOSUÉ



## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxv
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xxix
RESUMEN.....	xxx
ABSTRACT.....	xxxii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	1
1.3. OBJETIVOS GENERALES .....	1
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	2
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>2</b>
<b>2. SISTEMAS TRIFÁSICOS DE TRANSFORMACIÓN Y – Y.....</b>	<b>2</b>
2.1. El transformador.....	2
2.2. Relación de transformación de un transformador ideal .....	2
2.3. El transformador real. ....	5
2.4. Circuito equivalente del transformador.....	5
2.5. Circuito equivalente exacto de un transformador real .....	5

2.7.	Pruebas básicas del transformador .....	6
2.7.1.	Pruebas de polaridad .....	6
2.7.2.	Prueba de Circuito Abierto .....	7
2.7.2.1.	Procedimiento práctico .....	7
2.7.3.	Prueba de corto circuito .....	8
2.7.3.1.	Procedimiento práctico .....	9
2.8.	Conexión Y-Y .....	10
2.9.	Sistemas trifásicos balanceados .....	10
2.10.	Sistemas trifásicos desbalanceados .....	10
2.11.	Problemas de la conexión Y-Y .....	11
2.11.1.	Solución a problemas de la conexión. ....	11
2.12.	Precaución .....	12
2.13.	Armónicos en los sistemas de potencia.....	12
2.13.1.	Generación de armónicos.....	12
2.13.2.	Distorsión armónica total.....	12
2.13.3.	Impacto de las armónicas.....	13
2.13.4.	Límites de THD de voltaje establecidos por el CONELEC .....	13
2.13.5.	Límites de THD de corriente establecidos por la IEEE.....	13
2.14.	Índices horarios .....	13
2.14.1.	Grupos de conexión .....	14
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>5</b>
<b>3. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES .....</b>		<b>5</b>
3.1.	Lineamientos a seguir para la construcción del tablero del banco de pruebas para transformadores.....	5
3.1.1.	Diseño del proyecto. ....	5

3.1.2.	Estructura metálica.....	17
3.1.3.	Plancha metálica. ....	19
3.1.4.	Montaje del vinil sobre la plancha metálica.....	19
3.1.5.	Montaje de equipos y elementos sobre la plancha metálica.....	20
3.1.6.	Instalación de los equipos y elementos. ....	21
3.2.	Descripción de cada equipo y elemento que conforma el tablero del banco de pruebas para transformadores.....	23
3.2.1.	Disyuntor trifásico de 20A.....	23
3.2.2.	Variador trifásico de voltaje (variac 3 $\phi$ ).....	24
3.2.3.	Simulador de fallas de AT .....	24
3.2.4.	Barra de alimentación .....	24
3.2.5.	Analizadores de red 3 $\phi$ .....	25
3.2.6.	Transformadores de corriente. ....	25
3.2.7.	Protecciones adicionales .....	25
3.2.8.	Simulador de fallas B.T. ....	26
3.2.9.	Banco de transformadores.....	26
3.2.10.	Motor trifásico siemens.....	27
3.2.11.	Barra de tierra.....	27
3.2.12.	Barra de neutro.....	27
3.2.13.	Clavija de alimentación (tablero).....	28
3.2.14.	Clavija de alimentación (pared) .....	28
3.2.15.	Cable de alimentación.....	28

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>17</b>
<b>4. MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES INTERPUESTAS EN EL ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y – Y .....</b>	<b>17</b>
4.1. Elementos y equipos de medición utilizadas en las prácticas. ....	17
4.1.1. Banco para cargas monofásicas. ....	17
4.1.2. Banco de carga variable resistiva $3\Phi$ . ....	17
4.1.3. Banco de carga capacitiva. ....	30
4.1.4. Banco de carga inductiva .....	30
4.1.5. Analizador de redes FLUKE POWERLOG 435 .....	30
4.1.6. Osciloscopio FLUKE SCOPEMETER 125 .....	31
4.1.7. MULTIMETRO .....	31
4.2. Desarrollo de Prácticas.....	32
4.2.1. Práctica # 1.....	32
4.2.2. Práctica # 2.....	56
4.2.3. Práctica # 3.....	94
4.2.4. Práctica # 4.....	115
4.2.5. Práctica # 5.....	128
4.2.6. Práctica # 6.....	196
4.2.7. Práctica # 7.....	263
4.2.8. Práctica # 8.....	279
4.2.9. Practica # 9.....	290
4.2.10. Práctica # 10.....	300

<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>347</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES .....</b>	<b>347</b>
5.1. Conclusiones finales .....	347
5.2. Recomendaciones .....	348
<b>ANEXOS .....</b>	<b>349</b>
A1. Parámetros de configuración del sistema de alimentación.....	349
A2. Parámetros de configuración del sistema de alimentación (Continuación) .....	350
A3. Diagramas de cableado de la central de medida .....	351
A4. Parámetros de configuración básica.....	352
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>353</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diagrama de un transformador ideal .....	4
Figura 2.2-a: Diagrama de conexión para prueba de polaridad .....	6
Figura 2.2-b: Polaridad de los terminales del transformador.....	7
Figura 2.3: Prueba de circuito abierto referido al lado del primario .....	7
Figura 2.4: Prueba de cortocircuito referido al lado de alta tensión .....	9
Figura 2.5: Sistema de transformación Y-Y .....	10
Figura 2.6: Índice horario.....	14
Figura 2.7: Grupos vectoriales de los transformadores trifásicos .....	15
Figura 3.1: Diseño del Proyecto.....	17
Figura 3.2: Vista isométrica de la estructura metálica .....	18
Figura 3.3: Vista frontal de la estructura metálica .....	18
Figura 3.4: Construcción de plancha metálica .....	19
Figura 3.5: Montaje del vinil.....	20

Figura 3.6: Montaje de equipos y elementos .....	20
Figura 3.7: Plano eléctrico del diseño .....	21
Figura 3.8: Instalación eléctrica de los equipos .....	22
Figura 3.9: Instalación eléctrica de los equipos .....	22
Figura 3.10: Instalación eléctrica de los equipos .....	23
Figura 3.11: Disyuntor trifásico de 20A .....	23
Figura 3.12: Variador de voltaje trifásico .....	24
Figura 3.13: Simulador de falla AT .....	24
Figura 3.14: Barra de alimentación .....	24
Figura 3.15: Analizador de red trifásico .....	25
Figura 3.16: Transformadores de corriente .....	25
Figura 3.17: Protecciones adicionales.....	25
Figura 3.18: Simulador de fallas BT.....	26
Figura 3.19: Banco de transformadores .....	26
Figura 3.20: Banco de transformadores .....	26
Figura 3.21: Motor trifásico .....	27
Figura 3.22: Barra de tierra .....	27
Figura 3.23: Barra de neutro .....	27
Figura 3.24: Clavija de alimentación (tablero) .....	28
Figura 3.25: Clavija de alimentación (pared).....	28
Figura 3.26: Cable de alimentación .....	28
Figura 4.1: Banco de cargas monofásicas .....	17
Figura 4.2: Banco de carga resistiva trifásica .....	17
Figura 4.3: Banco de capacitores .....	30
Figura 4.4: Carga inductiva.....	30
Figura 4.5: Analizador de red Fluke .....	30

Figura 4.6: Osciloscopio Fluke .....	31
Figura 4.7: AMPERÍMETRO Y MULTIMETRO .....	31
Figura 4.8: Estructura general del tablero .....	37
Figura 4.9: Diagrama Unifilar general del banco de pruebas para transformadores.	38
Figura 4.10: Sección 1 del banco de pruebas para transformadores .....	39
Figura 4.11: Sección 2 del banco de pruebas para transformadores .....	39
Figura 4.12: Sección 3 del banco de pruebas para transformadores .....	40
Figura 4.13: Sección 4 del banco de pruebas para transformadores .....	40
Figura 4.14: Sección 5 del banco de pruebas para transformadores .....	40
Figura 4.15: Sección 6 del banco de pruebas para transformadores .....	41
Figura 4.16: Sección 7 del banco de pruebas para transformadores .....	41
Figura 4.17: Porcentajes de tomas de los transformadores .....	41
Figura 4.18: Polaridad de los transformadores .....	42
Figura 4.19: Sección 8 del banco de pruebas para transformadores .....	42
Figura 4.20: Sección 9 del banco de pruebas para transformadores .....	43
Figura 4.21: Sección 10 del banco de pruebas para transformadores .....	43
Figura 4.22: Sección 11 del banco de pruebas para transformadores .....	44
Figura 4.23: Sección 12 del banco de pruebas para transformadores .....	44
Figura 4.24: Sección 13 del banco de pruebas para transformadores .....	44
Figura 4.25: Diagrama de conexiones del tablero.....	45
Figura 4.26: Diagrama estructural del tablero.....	46
Figura 4.27: Diagrama eléctrico Prueba # 1 – Práctica # 2.....	60
Figura 4.28: Diagrama de conexión Prueba # 1 – Práctica # 2.....	60
Figura 4.29: Diagrama eléctrico Bobinado I Prueba # 2 – Práctica # 2.....	62
Figura 4.30: Diagrama de eléctrico Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2.....	62
Figura 4.31: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado I Prueba # 2 – Práctica # 2.....	63

Figura 4.32: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2.....	64
Figura 4.33: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado I Prueba # 2 – Práctica # 2.....	65
Figura 4.34: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2.....	66
Figura 4.35: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado I Prueba # 2 – Práctica # 2.....	67
Figura 4.36: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2.....	68
Figura 4.37: Polaridad del Transformador I.....	70
Figura 4.38: Polaridad del Transformador II.....	70
Figura 4.39: Polaridad del Transformador III.....	70
Figura 4.40: Diagrama eléctrico del Bobinado I Prueba # 3 – Práctica # 2.....	71
Figura 4.41: Diagrama eléctrico del Bobinado II Prueba # 3 – Práctica # 2.....	71
Figura 4.42: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado I Prueba # 3 – Práctica # 2.....	72
Figura 4.43: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2.....	72
Figura 4.44: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado I Prueba # 3 – Práctica # 2.....	73
Figura 4.45: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado II Prueba # 3– Práctica # 2.....	73
Figura 4.46: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado I Prueba # 3– Práctica # 2.....	74
Figura 4.47: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado II Prueba #3– Práctica # 2.....	74
Figura 4.48: Diagrama eléctrico del Bobinado I Prueba # 4 – Práctica # 2.....	76
Figura 4.49: Diagrama eléctrico del Bobinado II Prueba # 4 – Práctica # 2.....	76
Figura 4.50: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado I Prueba # 4 – Práctica # 2.....	77
Figura 4.51: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado II Prueba # 4 – Práctica # 2.....	77



Figura 4.52: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado I Prueba # 4 – Práctica # 2.....	78
Figura 4.53: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado II Prueba # 4– Práctica # 2.....	78
Figura 4.54: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado I Prueba # 4– Práctica # 2.....	79
Figura 4.55: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado II Prueba # 4 – Práctica # 2.....	79
Figura 4.56: Modelo real Transformador I – Devanado I.....	82
Figura 4.57: Modelo real Transformador I – Devanado II.....	84
Figura 4.58: Modelo real Transformador II – Devanado I.....	86
Figura 4.59: Modelo real Transformador II – Devanado II.....	88
Figura 4.60: Modelo real Transformador III – Devanado I.....	90
Figura 4.61: Modelo real Transformador III – Devanado II.....	92
Figura 4.62: Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 3.....	98
Figura 4.63: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 3.....	99
Figura 4.64: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-A – Práctica # 3.....	101
Figura 4.65: Diagrama fasorial de Corriente Prueba # 1-A - Práctica # 3.....	101
Figura 4.66: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-A - Práctica # 3.....	101
Figura 4.67: Diagrama onda de Corriente Prueba # 1-A - Práctica # 3.....	101
Figura 4.68: Diagrama eléctrico Prueba # 1-B – Práctica # 3.....	102
Figura 4.69: Diagrama de conexiones Prueba # 1-B – Práctica # 3.....	103
Figura 4.70: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 3.....	105
Figura 4.71: Diagrama fasorial de Corriente Prueba # 1-B - Práctica # 3.....	105
Figura 4.72: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 3.....	105
Figura 4.73: Diagrama onda de Corriente Prueba # 1-B - Práctica # 3.....	105
Figura 4.74: Diagrama eléctrico Prueba # 2-A – Práctica # 3.....	106
Figura 4.75: Diagrama de conexiones Prueba # 2-A – Práctica # 3.....	107

Figura 4.76: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-A - Práctica # 3 .....	109
Figura 4.77: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-A - Práctica # 3 .....	109
Figura 4.78: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-A - Práctica # 3.....	109
Figura 4.79: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-A - Práctica # 3.....	109
Figura 4.80: Diagrama eléctrico Prueba # 2-B – Práctica # 3.....	110
Figura 4.81: Diagrama de conexiones Prueba # 2-B – Práctica # 3.....	111
Figura 4.82: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-B - Práctica # 3.....	113
Figura 4.83: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-B - Práctica # 3.....	113
Figura 4.84: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-B - Práctica # 3.....	113
Figura 4.85: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-B - Práctica # 3.....	113
Figura 4.86: Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 4 .....	119
Figura 4.87: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 4 .....	120
Figura 4.88: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-A – Práctica # 4.....	122
Figura 4.89: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-A - Práctica # 4 .....	122
Figura 4.90: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-A - Práctica # 4.....	122
Figura 4.91: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-A - Práctica # 4.....	122
Figura 4.92: Diagrama eléctrico Prueba # 1-B – Práctica # 4.....	123
Figura 4.93: Diagrama de conexiones Prueba # 1-B – Práctica # 4.....	124
Figura 4.94: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 4.....	126
Figura 4.95: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-B - Práctica # 4.....	126
Figura 4.96: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 4.....	126
Figura 4.97: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-B - Práctica # 4.....	126
Figura 4.98: Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 5 .....	135
Figura 4.99: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 5 .....	136
Figura 4.100: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-A - Práctica # 5 .....	138
Figura 4.101: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-A - Práctica # 5 .....	138

Figura 4.102: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-A - Práctica # 5.....	138
Figura 4.103: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-A - Práctica # 5.....	138
Figura 4.104: Diagrama eléctrico Prueba # 1-B – Práctica # 5.....	139
Figura 4.105: Diagrama de conexiones Prueba # 1-B – Práctica # 5.....	140
Figura 4.106: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 5.....	142
Figura 4.107: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-B - Práctica # 5.....	142
Figura 4.108: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 5.....	142
Figura 4.109: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-B - Práctica # 5.....	142
Figura 4.110: Diagrama eléctrico Prueba # 1-C – Práctica # 5.....	143
Figura 4.111: Diagrama de conexiones Prueba # 1-C – Práctica # 5.....	144
Figura 4.112: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-C - Práctica # 5.....	146
Figura 4.113: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-C - Práctica # 5.....	146
Figura 4.114: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-C - Práctica # 5.....	146
Figura 4.115: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-C - Práctica # 5.....	146
Figura 4.116: Diagrama eléctrico Prueba # 1-D – Práctica # 5.....	147
Figura 4.117: Diagrama de conexiones Prueba # 1-D – Práctica # 5.....	148
Figura 4.118: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-D - Práctica # 5.....	150
Figura 4.119: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-D - Práctica # 5.....	150
Figura 4.120: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-D - Práctica # 5.....	150
Figura 4.121: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-D - Práctica # 5.....	150
Figura 4.122: Diagrama eléctrico Prueba # 1-E – Práctica # 5.....	151
Figura 4.123: Diagrama de conexiones Prueba # 1-E – Práctica # 5.....	152
Figura 4.124: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-E - Práctica # 5.....	154
Figura 4.125: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-E - Práctica # 5.....	154
Figura 4.126: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-E - Práctica # 5.....	154
Figura 4.127: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-E - Práctica # 5.....	154

Figura 4.128: Diagrama eléctrico Prueba # 1-F – Práctica # 5 .....	155
Figura 4.129: Diagrama de conexiones Prueba # 1-F – Práctica # 5 .....	156
Figura 4.130: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-F - Práctica # 5 .....	158
Figura 4.131: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-F - Práctica # 5 .....	158
Figura 4.132: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-F - Práctica # 5 .....	158
Figura 4.133: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-E - Práctica # 5 .....	158
Figura 4.134: Diagrama eléctrico Prueba # 1-G – Práctica # 5 .....	159
Figura 4.135: Diagrama de conexiones Prueba # 1-G – Práctica # 5 .....	160
Figura 4.136: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-G - Práctica # 5 .....	162
Figura 4.137: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-G - Práctica # 5 .....	162
Figura 4.138: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-G - Práctica # 5.....	162
Figura 4.139: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-G - Práctica # 5.....	162
Figura 4.140: Diagrama eléctrico Prueba # 2-A – Práctica # 5 .....	163
Figura 4.141: Diagrama de conexiones Prueba # 2-A – Práctica # 5 .....	164
Figura 4.142: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-A - Práctica # 5 .....	166
Figura 4.143: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-A - Práctica # 5 .....	166
Figura 4.144: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-A - Práctica # 5.....	166
Figura 4.145: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-A - Práctica # 5.....	166
Figura 4.146: Diagrama eléctrico Prueba # 2-B – Práctica # 5.....	167
Figura 4.147: Diagrama de conexiones Prueba # 2-B – Práctica # 5.....	168
Figura 4.148: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-B - Práctica # 5.....	170
Figura 4.149: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-B - Práctica # 5.....	170
Figura 4.150: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-B - Práctica # 5.....	170
Figura 4.151: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-B - Práctica # 5.....	170
Figura 4.152: Diagrama eléctrico Prueba # 2-C – Práctica # 5.....	171
Figura 4.153: Diagrama de conexiones Prueba # 2-C – Práctica # 5.....	172

Figura 4.154: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-C - Práctica # 5.....	174
Figura 4.155: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-c - Práctica # 5.....	174
Figura 4.156: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-C - Práctica # 5.....	174
Figura 4.157: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-C - Práctica # 5.....	174
Figura 4.158: Diagrama eléctrico Prueba # 2-D – Práctica # 5 .....	175
Figura 4.159: Diagrama de conexiones Prueba # 2-D – Práctica # 5 .....	176
Figura 4.160: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-D - Práctica # 5 .....	178
Figura 4.161: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-D - Práctica # 5 .....	178
Figura 4.162: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-D - Práctica # 5.....	178
Figura 4.163: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-D - Práctica # 5.....	178
Figura 4.164: Diagrama eléctrico Prueba # 2-E – Práctica # 5 .....	179
Figura 4.165: Diagrama de conexiones Prueba # 2-E – Práctica # 5.....	180
Figura 4.166: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-E - Práctica # 5.....	182
Figura 4.167: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-E - Práctica # 5.....	182
Figura 4.168: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-E - Práctica # 5.....	182
Figura 4.169: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-E - Práctica # 5 .....	182
Figura 4.170: Diagrama eléctrico Prueba # 2-F – Práctica # 5 .....	183
Figura 4.171: Diagrama de conexiones Prueba # 2-F – Práctica # 5 .....	184
Figura 4.172: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-F - Práctica # 5.....	186
Figura 4.173: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-F - Práctica # 5 .....	186
Figura 4.174: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-F - Práctica # 5 .....	186
Figura 4.175: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-E - Práctica # 5 .....	186
Figura 4.176: Diagrama eléctrico Prueba # 2-G – Práctica # 5 .....	187
Figura 4.177: Diagrama de conexiones Prueba # 2-G – Práctica # 5 .....	188
Figura 4.178: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-G - Práctica # 5 .....	190
Figura 4.179: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-G - Práctica # 5 .....	190

Figura 4.180: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-G - Práctica # 5.....	190
Figura 4.181: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-G - Práctica # 5.....	190
Figura 4.182: Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 6 .....	202
Figura 4.183: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 6 .....	203
Figura 4.184: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-A – Práctica # 6.....	205
Figura 4.185: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-A – Práctica # 6.....	205
Figura 4.186: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-A – Práctica # 6.....	205
Figura 4.187: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-A – Práctica # 6.....	205
Figura 4.188: Diagrama eléctrico Prueba # 1-B – Práctica # 6.....	206
Figura 4.189: Diagrama de conexiones Prueba # 1-B – Práctica # 6.....	207
Figura 4.190: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-B – Práctica # 6.....	209
Figura 4.191: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-B – Práctica # 6.....	209
Figura 4.192: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-B – Práctica # 6 .....	209
Figura 4.193: Diagrama onda de Corriente Prueba # 1-B – Práctica # 6.....	209
Figura 4.194: Diagrama eléctrico Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	210
Figura 4.195: Diagrama de conexiones Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	211
Figura 4.196: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	213
Figura 4.197: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	213
Figura 4.198: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	213
Figura 4.199: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	213
Figura 4.200: Diagrama eléctrico Prueba # 1-D – Práctica # 6 .....	214
Figura 4.201: Diagrama de conexiones Prueba # 1-D – Práctica # 6 .....	215
Figura 4.202: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-D – Práctica # 6.....	217
Figura 4.203: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	217
Figura 4.204: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	217
Figura 4.205: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-C – Práctica # 6.....	217

Figura 4.206: Diagrama eléctrico Prueba # 1-E – Práctica # 6.....	218
Figura 4.207: Diagrama de conexiones Prueba # 1-E – Práctica # 6.....	219
Figura 4.208: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-E – Práctica # 6.....	221
Figura 4.209: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-E – Práctica # 6.....	221
Figura 4.210: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-E – Práctica # 6.....	221
Figura 4.211: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-E – Práctica # 6.....	221
Figura 4.212: Diagrama eléctrico Prueba # 1-F – Práctica # 6.....	222
Figura 4.213: Diagrama de conexiones Prueba # 1-F – Práctica # 6.....	223
Figura 4.214: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-F – Práctica # 6.....	225
Figura 4.215: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-F – Práctica # 6.....	225
Figura 4.216: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-F – Práctica # 6.....	225
Figura 4.217: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-F – Práctica # 6.....	225
Figura 4.218: Diagrama eléctrico Prueba # 1-G – Práctica # 6.....	226
Figura 4.219: Diagrama de conexiones Prueba # 1-G – Práctica # 6.....	227
Figura 4.220: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-G – Práctica # 6.....	229
Figura 4.221: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-G – Práctica # 6.....	229
Figura 4.222: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-G – Práctica # 6.....	229
Figura 4.223: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-G – Práctica # 6.....	229
Figura 4.224: Diagrama eléctrico Prueba # 2-A – Práctica # 6.....	230
Figura 4.225: Diagrama de conexiones Prueba # 2-A – Práctica # 6.....	231
Figura 4.226: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-A – Práctica # 6.....	233
Figura 4.227: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-A – Práctica # 6.....	233
Figura 4.228: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-A – Práctica # 6.....	233
Figura 4.229: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-A – Práctica # 6.....	233
Figura 4.230: Diagrama eléctrico Prueba # 2-B – Práctica # 6.....	234
Figura 4.231: Diagrama de conexiones Prueba # 2-B – Práctica # 6.....	235

Figura 4.232: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-B – Práctica # 6.....	237
Figura 4.233: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-B – Práctica # 6.....	237
Figura 4.234: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-B – Práctica # 6.....	237
Figura 4.235: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-B – Práctica # 6.....	237
Figura 4.236: Diagrama eléctrico Prueba # 2-C – Práctica # 6.....	238
Figura 4.237: Diagrama de conexiones Prueba # 2-C – Práctica # 6.....	239
Figura 4.238: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-C – Práctica # 6.....	241
Figura 4.239: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-C – Práctica # 6.....	241
Figura 4.240: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-C – Práctica # 6.....	241
Figura 4.241: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-C – Práctica # 6.....	241
Figura 4.242: Diagrama eléctrico Prueba # 2-D – Práctica # 6.....	242
Figura 4.243: Diagrama de conexiones Prueba # 2-D – Práctica # 6.....	243
Figura 4.244: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-D – Práctica # 6.....	245
Figura 4.245: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-D – Práctica # 6.....	245
Figura 4.246: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-D – Práctica # 6.....	245
Figura 4.247: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-D – Práctica # 6.....	245
Figura 4.248: Diagrama eléctrico Prueba # 2-E – Práctica # 6.....	246
Figura 4.249: Diagrama de conexiones Prueba # 2-E – Práctica # 6.....	247
Figura 4.250: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-E – Práctica # 6.....	249
Figura 4.251: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-D – Práctica # 6.....	249
Figura 4.252: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-E – Práctica # 6.....	249
Figura 4.253: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-E – Práctica # 6.....	249
Figura 4.254: Diagrama eléctrico Prueba # 2-F – Práctica # 6.....	250
Figura 4.255: Diagrama de conexiones Prueba # 2-F – Práctica # 6.....	251
Figura 4.256: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-F – Práctica # 6.....	253
Figura 4.257: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-F – Práctica # 6.....	253



Figura 4.258: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-F – Práctica # 6.....	253
Figura 4.259: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-F – Práctica # 6.....	253
Figura 4.260: Diagrama eléctrico Prueba # 2-G – Práctica # 6 .....	254
Figura 4.261: Diagrama de conexiones Prueba # 2-G – Práctica # 6 .....	255
Figura 4.262: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-G – Práctica # 6.....	257
Figura 4.263: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-G – Práctica # 6.....	257
Figura 4.264: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-G – Práctica # 6.....	257
Figura 4.265: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-G – Práctica # 6.....	257
Figura 4.266: Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 7 .....	266
Figura 4.267: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 7 .....	267
Figura 4.268: Diagrama eléctrico Prueba # 2-A – Práctica # 7 .....	268
Figura 4.269: Diagrama de conexiones Prueba # 2-A – Práctica # 7 .....	269
Figura 4.270: Armónicos de voltaje fase R Prueba # 1-A – Práctica # 7 .....	272
Figura 4.271: Armónicos de voltaje fase S Prueba # 1-A – Práctica # 7.....	272
Figura 4.272: Armónicos de voltaje fase T Prueba # 1-A – Práctica # 7.....	272
Figura 4.273: Armónicos de voltaje del neutro Prueba # 1-A – Práctica # 7 .....	272
Figura 4.274: Armónicos de corriente de fase R Prueba # 1-A – Práctica # 7 .....	273
Figura 4.275: Armónicos de corriente de fase S Prueba # 1-A – Práctica # 7.....	273
Figura 4.276: Armónicos de corriente de fase T Prueba # 1-A – Práctica # 7.....	273
Figura 4.277: Armónicos de corriente fase neutro de Prueba # 1-A – Práctica # 7.	273
Figura 4.278: Armónicos de voltajes totales Prueba # 1-A – Práctica # 7.....	274
Figura 4.279: Armónicos de corrientes totales Prueba # 1-A – Práctica # 7 .....	274
Figura 4.280: Armónicos de voltaje fase R Prueba # 2-A – Práctica # 7 .....	275
Figura 4.281: Armónicos de voltaje fase S Prueba # 2-A – Práctica # 7.....	275
Figura 4.282: Armónicos de voltaje fase T Prueba # 2-A – Práctica # 7.....	275
Figura 4.283: Armónicos de corriente fase neutro de Prueba # 2-A – Práctica # 7....	275

Figura 4.284: Armónicos de corriente de fase R Prueba # 2-A – Práctica # 7 .....	276
Figura 4.285: Armónicos de corriente de fase S Prueba # 2-A – Práctica # 7.....	276
Figura 4.286: Armónicos de corriente de fase T Prueba # 2-A – Práctica # 7.....	276
Figura 4.287: Armónicos de corriente fase neutro Prueba # 2-A – Práctica # 7.....	276
Figura 4.288: Armónicos de voltajes totales Prueba # 2-A – Práctica # 7.....	277
Figura 4.289: Armónicos de corrientes totales Prueba # 2-A – Práctica # 7 .....	277
Figura 4.290: Diagrama eléctrico Prueba # 1 – Práctica # 8.....	282
Figura 4.291: Diagrama de conexiones Prueba # 1 – Práctica # 8.....	283
Figura 4.292: Diagrama de conexión de desfaseamiento entre Vrs a VRS .....	284
Figura 4.293: Diagrama de conexión de desfaseamiento entre Vst a VST .....	284
Figura 4.294: Diagrama de conexión de desfaseamiento entre Vtr a VTR .....	285
Figura 4.295: Conexión Yy6.....	286
Figura 4.296: Índice de horario Yy6 .....	286
Figura 4.297: Diagrama de onda de desfaseamiento entre Vrs y VRS - Yy0 .....	287
Figura 4.298: Diagrama de onda de desfaseamiento entre Vst y VST - Yy0.....	287
Figura 4.299: Diagrama de onda de desfaseamiento entre Vtr y VTR - Yy0.....	287
Figura 4.300: Diagrama de onda de desfaseamiento entre Vrs y VRS – Yy6.....	288
Figura 4.301: Diagrama de onda de desfaseamiento entre Vst y VST – Yy6 .....	288
Figura 4.302: Diagrama de onda de desfaseamiento entre Vtr y VTR – Yy6.....	288
Figura 4.303: Diagrama eléctrico Prueba # 1 – Práctica # 9.....	293
Figura 4.304: Diagrama de conexiones Prueba # 1 – Práctica # 9.....	294
Figura 4.305: Diagrama fasorial de Voltaje antes de regulación de TAP.....	297
Figura 4.306: Diagrama fasorial de Corrientes antes de regulación de TAP.....	297
Figura 4.307: Diagrama onda de Voltaje antes de regulación de TAP .....	297
Figura 4.308: Diagrama onda de Corrientes antes de regulación de TAP .....	297
Figura 4.309: Diagrama fasorial de Voltaje después de regulación de TAP .....	298

Figura 4.310: Diagrama fasorial de Corrientes después de regulación de TAP .....	298
Figura 4.311: Diagrama onda de Voltaje después de regulación de TAP .....	298
Figura 4.312: Diagrama onda de Corrientes después de regulación de TAP.....	298
Figura 4.313: Diagrama eléctrico del sistema Y-Y con carga desbalanceada RLC...	304
Figura 4.314: Diagrama de conexiones del sistema Y-Y carga desbalanceada RLC.	305
Figura 4.315: Modelo real monofásico del sistema Y – Y / Fase RN .....	307
Figura 4.316: Modelo real monofásico del sistema Y – Y / Fase SN.....	309
Figura 4.317: Modelo real monofásico del sistema Y – Y / Fase TN.....	311
Figura 4.318: Modelo real trifásico del sistema Y – Y con carga desbalanceada ...	313
Figura 4.319: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en R en el primario.....	323
Figura 4.320: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en R en el primario .....	323
Figura 4.321: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en R en el primario.....	323
Figura 4.322: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en S en el primario .....	325
Figura 4.323: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en S en el primario .....	325
Figura 4.324: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en S en el primario .....	325
Figura 4.325: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en T en el primario .....	327
Figura 4.326: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en T en el primario .....	327
Figura 4.327: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en T en el primario .....	327
Figura 4.328: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla del neutro en el primario .....	329
Figura 4.329: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla del neutro en el primario .....	329

Figura 4.330: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla del neutro en el primario .....	329
Figura 4.331: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en R en el secundario .....	331
Figura 4.332: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en R en el secundario .....	331
Figura 4.333: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en R en el secundario .....	331
Figura 4.334: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en S en el secundario.....	333
Figura 4.335: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en S en el secundario.....	333
Figura 4.336: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en S en el secundario.....	333
Figura 4.337: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en T en el secundario .....	335
Figura 4.338: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en T en el secundario.....	335
Figura 4.339: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en T en el secundario .....	335
Figura 4.340: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla del neutro en el secundario.....	337
Figura 4.341: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla del neutro en el secundario.....	337
Figura 4.342: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla del neutro en el secundario.....	337
Figura 4.343: Armónico de voltaje de fase R a vacío .....	339
Figura 4.344: Armónico de voltaje de fase S a vacío .....	339
Figura 4.345: Armónico de voltaje de fase T a vacío .....	339
Figura 4.346: Armónico de voltaje del neutro a vacío.....	339
Figura 4.347: Armónico de corriente de fase R a vacío.....	340
Figura 4.348: Armónico de corriente de fase S a vacío .....	340
Figura 4.349: Armónico de corriente de fase T a vacío.....	340

Figura 4.350: Armónico de corriente del neutro a vacío .....	340
Figura 4.351: Armónico de voltajes totales a vacío .....	341
Figura 4.352: Armónico de corrientes totales a vacío.....	341
Figura 4.353: Armónico de voltaje de fase R con carga desbalanceada .....	342
Figura 4.354: Armónico de voltaje de fase S con carga desbalanceada .....	342
Figura 4.355: Armónico de voltaje de fase T con carga desbalanceada .....	342
Figura 4.356: Armónico de voltaje del neutro con carga desbalanceada.....	342
Figura 4.357: Armónico de corriente de fase R con carga desbalanceada.....	343
Figura 4.358: Armónico de corriente de fase S con carga desbalanceada .....	343
Figura 4.359: Armónico de corriente de fase T con carga desbalanceada.....	343
Figura 4.360: Armónico de corriente del neutro con carga desbalanceada .....	343
Figura 4.361: Armónico de voltajes totales con carga desbalanceada.....	344
Figura 4.362: Armónico de corrientes totales con carga desbalanceada .....	344

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ficha para mantenimiento preventivo del transformador .....	48
Tabla 2: Ficha para mantenimiento preventivo del variador de voltaje.....	49
Tabla 3: Ficha para mantenimiento preventivo del simulador de fallas .....	50
Tabla 4: Ficha para mantenimiento preventivo de la estructura del tablero .....	51
Tabla 5: Ficha para mantenimiento preventivo del motor .....	52
Tabla 6: Ficha para mantenimiento preventivo de las borneras.....	53
Tabla 7: Ficha para mantenimiento preventivo de analizador Schneider .....	54
Tabla 8: Mediciones de la prueba de relación fundamental de transformación.....	61
Tabla 9: Prueba de polaridad Transformador I .....	69
Tabla 10: Prueba de polaridad Transformador II.....	69
Tabla 11: Prueba de polaridad Transformador III.....	69

Tabla 12: Polaridad de transformadores .....	69
Tabla 13: Prueba de circuito abierto .....	75
Tabla 14: Impedancias y admitancias de excitación de transformadores visto de BT.....	75
Tabla 15: Impedancias y admitancias de excitación de transformadores visto de AT..	75
Tabla 16: Prueba de corto circuito de los transformadores.....	80
Tabla 17: Impedancia equivalentes de los transformadores visto desde BT .....	80
Tabla 18: Impedancia equivalentes de los transformadores visto desde AT .....	80
Tabla 19: Valores del modelo real del Transformador I – Devanado I .....	82
Tabla 20: Valores del modelo real del Transformador I – Devanado II .....	84
Tabla 21: Valores del modelo real del Transformador II – Devanado I .....	86
Tabla 22: Valores del modelo real del Transformador II – Devanado II.....	88
Tabla 23: Valores del modelo real del Transformador III – Devanado I.....	90
Tabla 24: Valores del modelo real del Transformador III – Devanado II .....	92
Tabla 25: Valores medidores del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva en Y.....	100
Tabla 26: Valores medidores del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva en Y.....	104
Tabla 27: Valores medidores del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva en $\Delta$ .....	108
Tabla 28: Valores medidores del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva en $\Delta$ .....	112
Tabla 29: Valores medidores sistema Y-Y con carga desbalanceada resistiva en Y...121	
Tabla 30: Valores medidores del sistema Y-Y sin neutro con carga desbalanceada resistiva en Y.....	125
Tabla 31: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase R en el primario carga inductiva .....	137
Tabla 32: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase S en el primario carga inductiva .....	141
Tabla 33: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase T en el primario carga inductiva .....	145

Tabla 34: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase RS en el primario carga inductiva .....	149
Tabla 35: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase ST en el primario carga inductiva .....	153
Tabla 36: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase TR en el primario carga inductiva .....	157
Tabla 37: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida del neutro en el primario carga inductiva .....	161
Tabla 38: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase R en el primario carga resistiva .....	165
Tabla 39: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase S en el primario carga resistiva .....	169
Tabla 40: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase T en el primario carga resistiva .....	173
Tabla 41: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase RS en el primario carga resistiva .....	177
Tabla 42: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase ST en el primario carga resistiva .....	181
Tabla 43: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase TR en el primario carga resistiva .....	185
Tabla 44: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida del neutro en el primario carga resistiva .....	189
Tabla 45: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase R en el secundario carga inductiva .....	204
Tabla 46: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase S en el secundario carga inductiva .....	208
Tabla 47: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase T en el secundario carga inductiva .....	212
Tabla 48: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase RS en el secundario carga inductiva .....	216
Tabla 49: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase ST en el secundario carga inductiva .....	220
Tabla 50: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase TR en el secundario carga inductiva .....	224

Tabla 51: Valores medidos del sistema Y-Y simulación de pérdida del neutro en el secundario carga inductiva .....	228
Tabla 52: Valores medidos del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase R en el secundario carga resistiva .....	232
Tabla 53: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase S en el secundario carga resistiva .....	236
Tabla 54: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase T en el secundario carga resistiva .....	240
Tabla 55: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase RS en el secundario carga resistiva .....	244
Tabla 56: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase ST en el secundario carga resistiva .....	248
Tabla 57: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase TR en el secundario carga resistiva .....	252
Tabla 58: Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida del neutro en el secundario carga resistiva .....	256
Tabla 59: Valores medidos con analizador Fluke del sistema Y-Y de armónicos a vacío y con carga resistiva (focos ahorradores).....	270
Tabla 60: Valores medidos con analizador Schneider del sistema Y-Y de armónicos a vacío.....	271
Tabla 61: Valores medidos con analizador Schneider del sistema Y-Y de armónicos con carga resistiva (focos ahorradores).....	271
Tabla 62: Valores medidos del desfaseamiento $Yy_6$ .....	286
Tabla 63: Valores medidos antes de la regulación de voltaje .....	295
Tabla 64: Valores medidos después de la regulación de voltaje.....	296
Tabla 65: Valores teóricos cálculos del Transformador 1 .....	306
Tabla 66: Valores teóricos cálculos del Transformador 2 .....	306
Tabla 67: Valores teóricos cálculos del Transformador 3 .....	306
Tabla 68: Valores teóricos del modelo real monofásico del sistema Y-Y/FaseR-N..	314
Tabla 69: Valores teóricos del modelo real monofásico del sistema Y-Y/FaseS-N..	315
Tabla 70: Valores teóricos del modelo real monofásico del sistema Y-Y/FaseT-N..	316
Tabla 71: Valores experimentales del modelo real trifásico del sistema Y-Y.....	317



Tabla 72: Comparación de valores teóricos - experimentales del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase R-N.....	318
Tabla 73: Comparación de valores teóricos - experimentales del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase S-N .....	319
Tabla 74: Comparación de valores teóricos - experimentales del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase T-N.....	320
Tabla 75: Comparación de valores teóricos – experimentales totales del modelo real monofásico del sistema Y-Y .....	321
Tabla 76: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase R en el lado primario con carga desbalanceada.....	322
Tabla 77: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase S en el lado primario con carga desbalanceada.....	324
Tabla 78: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase T en el lado primario con carga desbalanceada.....	326
Tabla 79: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en el neutro en el lado primario con carga desbalanceada.....	328
Tabla 80: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase R en el lado secundario con carga desbalanceada .....	330
Tabla 81: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase S en el lado secundario con carga desbalanceada .....	332
Tabla 82: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase T en el lado secundario con carga desbalanceada .....	334
Tabla 83: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en el neutro en el lado secundario con carga desbalanceada .....	336
Tabla 84: Valores de armónicos medidos del sistema Y-Y a vacío y con carga desbalanceada en Y.....	338

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Relación de número de espiras.....	4
Ecuación 2: Relación de número de espiras.....	4
Ecuación 3: Relación de transformación de corrientes en el tiempo .....	4
Ecuación 4: Relación de transformación en la frecuencia .....	4

Ecuación 5: Impedancia de excitación.....	8
Ecuación 6: Potencia de circuito abierto.....	8
Ecuación 7: Factor de potencia en circuito abierto .....	8
Ecuación 8: Impedancia equivalente.....	9
Ecuación 9: Potencia de corto circuito.....	9
Ecuación 10: Factor de potencia de corto circuito .....	9
Ecuación 11: Relación de voltajes de la conexión Y-Y.....	10

## RESUMEN

**Tema:** ANÁLISIS DE SISTEMAS TRIFÁSICOS DE TRANSFORMADORES  
CONEXIÓN Y - Y.

**Autores:** John Burbano Gallegos., Josué Cevallos Cotrina.

**Director de Tesis:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.

**Palabras Clave:** banco de transformadores, conexión estrella - estrella, tablero de pruebas, protocolos, fenómenos.

*El presente tema de investigación de tesis, fue realizado debido a la necesidad de poder observar de manera práctica en el laboratorio de transformadores, las diversas situaciones que se pueden presentar en las conexiones de transformación, específicamente en la conexión estrella – estrella (Y-Y).*

*Para facilitar este estudio se ha construido un tablero de pruebas que nos servirá como instrumento para los ensayos de laboratorio, y así verificar todos los fenómenos que se pueden producir en un sistema trifásico de transformación.*

*Para la correcta operación del tablero de pruebas se han diseñado guías y protocolos tanto de funcionamiento como de seguridad al momento de energizar dicho tablero. Además se han propuesto 10 prácticas con casos reales para obtener un mejor entendimiento de los diferentes fenómenos que se producen en un banco de transformadores en conexión estrella - estrella (Y-Y) a los diferentes tipos de cargas que podemos encontrar en el campo.*

## ABSTRACT

**Theme:** TRIPHASIC SYSTEM ANALYSIS OF TRANSFORMERS CONNECTION Y - Y.

**Authors:** John Burbano Gallegos., Josué Cevallos Cotrina

**Thesis Director:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.

**Key words:** Transformer bench, connection star - star, testing table, protocols, phenomenons.

*This theme of investigation thesis was done in order to fulfill the need to observe, in a practical manner, in the transformer lab, the diverse situations that can take place in the transformer connections, specifically the star connection (Y-Y).*

*To facilitate this study a testing table was built which will serve us as instrument for lab tests, and thus verify all of the phenomenons that can be produced in a triphasic system of transformers.*

*For the correct operation of the testing table, guides and protocols have been designed for the safe and proper operation of the said testing table. Also, 10 practice labs have been suggested in order to obtain a better understanding of the different phenomenons that are produced in a transformer bench in a star connection (Y-Y) to the different types of charges that can be found in the field.*

## INTRODUCCIÓN

En los sistemas Eléctricos de Potencia a menudo se hace necesario instalar transformadores de potencia, y distribución que nos permitan elevar o disminuir grandes cantidades de voltaje, por lo que es importante conocer el estudio y comportamiento de estos equipos.

En este tema vamos a estudiar la conexión Y-Y donde observaremos su comportamiento, sus características, tipo de conexiones, desplazamiento de fases, y los armónicos que influyen tanto en el voltaje como la corriente.

En el estudio de Ingeniería acerca de este tema existen muchas hipótesis las cuales trataremos de sustentar realizando pruebas experimentales, teóricas y técnicas que nos permitan satisfacer nuestro conocimiento en lo concerniente a los sistemas de transformación Y-Y.

Asimismo podemos manifestar que la conexión Y-Y nos da un servicio satisfactorio solo cuando usamos cargas trifásicas balanceadas, no así cuando tenemos cargas desbalanceadas en donde debemos tener presente realizar una conexión muy sólida del neutro, ya que si no se garantiza este neutro los voltajes de fase se van a desequilibrar severamente, produciendo problemas de armónicos de tercer orden.

A lo largo de este documento se irá familiarizando con todo el estudio técnico que hemos realizado, con el fin de dar a conocer toda la estructura y causas que se pueden presentar en los sistemas de transformación Y-Y.

# **CAPÍTULO I**

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. PROBLEMA**

Para el estudio del análisis del sistema de transformación Y-Y se vio reflejado la necesidad de implementar un tablero de sirva como instrumento para realizar un verdadero análisis de ingeniería, ya que en la actualidad el laboratorio de transformadores de la UPS no cuenta con dicha herramienta para el respectivo estudio.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Con la realización de este proyecto se verá el reflejo de los conocimientos adquiridos durante los 5 años de la carrera, Además se ilustra la importancia de tener un tablero de banco de pruebas en el laboratorio de transformadores, para así poder realizar estudios y trabajos experimentales.

Es importante conocer los equipos que se han utilizado en el tablero del banco de pruebas, para poder estudiar cada elemento instalado en el mismo.

### **1.3. OBJETIVOS GENERALES**

Analizar varios de los fenómenos que se presentan en el sistema de transformación de la conexión Y-Y- de forma experimental mediante un tablero de pruebas de transformadores.

#### **1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2. Construir un tablero de pruebas para banco de transformadores trifásicos para realizar diversas conexiones.
3. Realizar análisis de fallas de fase en el sistema de transformación Y-Y conectado en el banco de prueba.
4. Realizar análisis de armónicos en el sistema de transformación Y-Y conectado en el banco de prueba.
5. Diseñar 10 prácticas demostrativas para el estudio y la aplicación de esta conexión trifásica

## **1.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El método que se utilizó en esta tesis fue el de experimentación, que no es otra cosa que un método que nos permite apreciar en un laboratorio los fenómenos que provoca esta conexión.

## **CAPÍTULO II**

### **2. SISTEMAS TRIFÁSICOS DE TRANSFORMACIÓN Y – Y**

#### **2.1.El transformador**

“Un transformador es un dispositivo que cambia la potencia eléctrica alterna con un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna con otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético”. (Chapman, 2012)

El transformador es un dispositivo electromagnético que sirve de enlace entre dos partes de un sistema eléctrico que generalmente operan a la misma frecuencia pero diferente tensión y corriente con el fin de transformar sus valores. (Córdova, 2009)

De acuerdo a esa definición arriba indicada, nos da a conocer que el transformador es una maquina estática que transforma cierto nivel de tensión a otro nivel de tensión, manteniendo su misma naturaleza.

#### **2.2. Relación de transformación de un transformador ideal**

“Un transformador ideal es un dispositivo sin pérdidas, con un devanado de entradas y un devanado de salida. Las relaciones entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida y entre la corriente de entrada y la corriente de salida están dadas por dos sencillas ecuaciones.” (Chapman, 2012)

La Figura 2.1 tiene  $N_p$  vueltas de alambre en el primario y  $N_s$  vueltas de alambre en el secundario. La relación entre el voltaje  $V_p(t)$  aplicado al lado primario del transformador y el voltaje  $V_s(t)$  en el lado del secundario es:

En otras palabras esta definición no explica que los transformadores ideales, no tienen pérdidas de ninguna especie.

$$\frac{V_p(t)}{V_s(t)} = \frac{N_p}{N_s} = a$$

**Ecuación 1:** Relación de número de espiras

Donde **a** está definida como la relación de vueltas del transformador

$$a = \frac{N_p}{N_s}$$

**Ecuación 2:** Relación de número de espiras

La relación entre la corriente  $I_p(t)$  que fluye en el devanado primario y la corriente  $I_s(t)$  que sale del devanado secundario es:

$$\frac{I_p(t)}{I_s(t)} = \frac{1}{a}$$

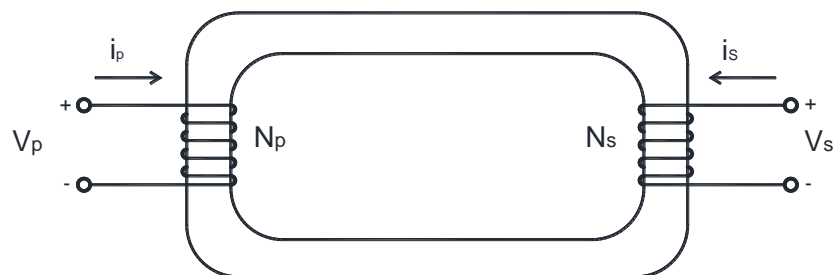
**Ecuación 3:** Relación de transformación de corrientes en el tiempo

En términos de cantidades fasoriales, estas ecuaciones son

$$\frac{V_p}{V_s} = a \quad \frac{I_p}{I_s} = \frac{1}{a}$$

**Ecuación 4:** Relación de transformación en la frecuencia

**Figura 2.1:** Diagrama de un transformador ideal



**Fuente:** Los autores

Este concepto nos explica que en el transformador ideal, no existe pérdidas de ninguna especie, esto ni en devanado ni en núcleo.



### **2.3.El transformador real.**

El transformador real presenta algunas pérdidas que se producen tanto en el núcleo como en el devanado primario como en el secundario este alambre es generalmente de cobre.

### **2.4. Circuito equivalente del transformador**

“Las pérdidas que ocurren en los transformadores reales deben tenerse en cuenta en un modelo exacto del comportamiento de un transformador. Los principales aspectos que deben tomarse en cuenta en la construcción de un modelo como este son”: Pérdidas en el cobre, Pérdidas por corrientes parásitas, Pérdidas por histéresis y Flujo disperso” (Chapman, 2012)

Este concepto nos da a conocer que se debe tener en cuenta cuando se analice el modelo exacto del transformador.

### **2.5. Circuito equivalente exacto de un transformador real**

“Es posible construir un circuito equivalente que tome en cuenta las principales imperfecciones de los transformadores reales. Se considera cada una de estas imperfecciones y se incluye su efecto en el modelo de transformador”. (Chapman, 2012)

Este concepto es mucho más claro aquí indica incluir el efecto de las pérdidas en el modelo del transformador.

### **2.6.Potencia y rendimiento de un transformador**

“El rendimiento de un transformador se expresa con la relación entre la potencia activa a la entrada y la potencia activa a la salida”. (Wagemakers & Francisco J. Escribano, 2013)

## 2.7.Pruebas básicas del transformador

### 2.7.1. Pruebas de polaridad

Esta prueba de polaridad se la efectúa con el propósito de establecer los extremos correctos del transformador para poder realizar cualquier tipo de conexiones, pero teniendo en cuenta sus entradas y salidas.

#### 2.7.1.1. Procedimiento Práctico

Este análisis radica en alimentar un voltaje de prueba menor o igual al voltaje nominal, al lado primario del transformador luego se debe colocar un puente tal como lo indica la Figura 2.2-a. De esta manera se deja en serie los devanados primario y secundario.

- Se coloca el voltímetro entre los terminales X2 –H2 procediendo a ver la medición en el equipo.
- Si el voltaje medido resulta  $>$  al voltaje de prueba, su polaridad es aditiva
- Si el voltaje medido resulta  $<$  al voltaje de prueba, su polaridad es sustractiva

Fuente: Los autores

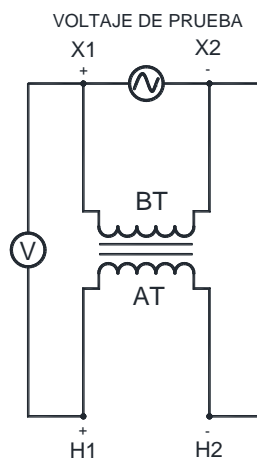


Figura 2.2-a: Diagrama de conexión para prueba de polaridad

Fuente: Los autores

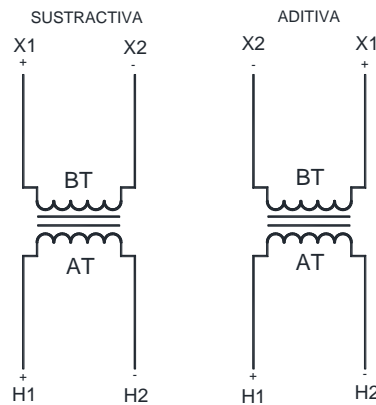


Figura 2.2-b: Polaridad de los terminales del transformador.

## 2.7.2. Prueba de Circuito Abierto

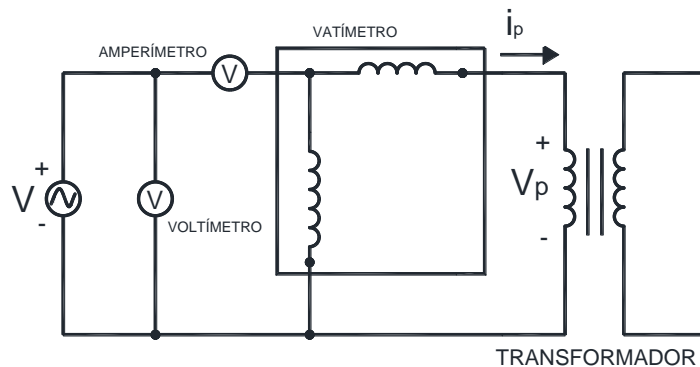
Esta prueba de circuito abierto se la efectúa con el propósito de establecer la admitancia de excitación que existe dentro del transformador en lo que respecta al núcleo, asimismo observar las pérdidas magnéticas que causa el mismo.

### 2.7.2.1. Procedimiento práctico

El análisis consiste de manera aconsejable en alimentar un voltaje en los devanados del primario (B.T) mientras que en el secundario deberá permanecer abierto esta prueba se debe realizar sin carga tal como se muestra en la Figura 2.3

Si instalamos los equipos de medición, el vatímetro, voltímetro y amperímetro en el lado del primario (Observe Figura 2.3) podemos decir que estos resultados están referidos al lado del secundario (B.T) del transformador.

Figura 2.3: Prueba de circuito abierto referido al lado del primario



Fuente: Los autores

Con los resultados evaluados por los equipos, y sustituyendo en la ecuación se puede establecer la impedancia de excitación del transformador ( $Z_{ex}$ ).

$$Z_{ex} = \frac{V_{ca}}{I_{ca}} \cos(\theta_{fpca}) + j \frac{V_{ca}}{I_{ca}} \operatorname{sen}(\theta_{fpca})$$

**Ecuación 5:** Impedancia de excitación

Si es que no tenemos el dato del  $fpca$  podemos aplicar la ecuación.

$$P_{ca} = V_{ca} * I_{ca} * fpca$$

**Ecuación 6:** Potencia de circuito abierto

$$\theta_{fpca} = \arccos \left( \frac{P_{ca}}{V_{ca} * I_{ca}} \right)$$

**Ecuación 7:** Factor de potencia en circuito abierto

### 2.7.3. Prueba de corto circuito

Esta prueba de corto circuito se la efectúa con el propósito de establecer las pérdidas eléctricas que se producen en los devanados primarios y secundarios del transformador.

Los parámetros  $R$  y  $X$  del transformador de dos devanados se determinan por la prueba de cortocircuito, donde la impedancia se mide entre las terminales de un devanado cuando el otro está cortocircuitado. Generalmente, el lado de bajo voltaje se cortocircuita y se aplica el voltaje necesario a las terminales de alto voltaje para que circule la corriente nominal. Esto se hace porque la corriente nominal de la fuente que suministra la energía al lado de alto voltaje puede ser pequeña. Se determinan el voltaje, la corriente y la potencia de entrada. Ya que sólo se requiere un voltaje pequeño, la corriente de excitación es insignificante y la impedancia calculada es esencialmente igual a  $R + jx$ . (Grainger & Stevenson, 1996)

### 2.7.3.1. Procedimiento práctico

Para el análisis de esta prueba se recomienda alimentar paulatinamente con una fuente variable, colocando los instrumentos de medición en el lado del secundario del transformador y cortocircuitando el lado primario.

Empezamos desde 0 V. con la fuente variable, vamos creciendo el voltaje hasta llegar que la corriente alcance su valor nominal en el lado del secundario, la misma que se la denominará corriente de corto circuito ( $I_{cc}$ ), y el voltaje que se esté generando se lo denominará voltaje de corto circuito ( $V_{cc}$ ), con el factor de potencia y estos valores se podrá obtener la potencia de corto circuito. ( $P_{cc}$ )

Podremos obtener la impedancia equivalente del transformador mediante la ecuación

$$Z_{eq} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} \cos(\theta_{fpcc}) + j \frac{V_{cc}}{I_{cc}} \operatorname{sen}(\theta_{fpcc})$$

**Ecuación 8:** Impedancia equivalente

Si es que no tenemos el dato del  $fp_{cc}$  podemos aplicar la ecuación

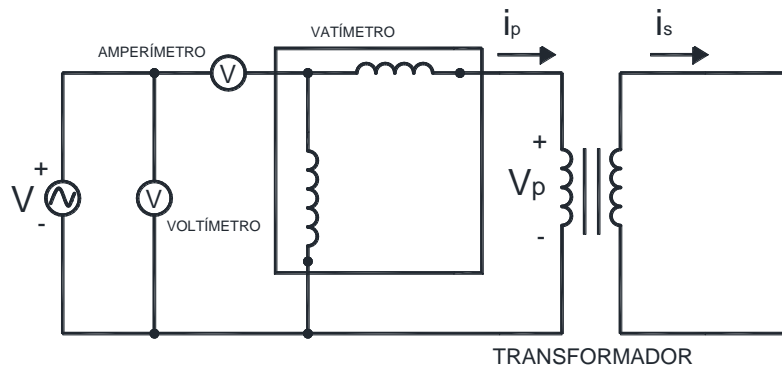
$$P_{cc} = V_{cc} * I_{cc} * fp_{cc}$$

**Ecuación 9:** Potencia de corto circuito

$$\theta_{fpcc} = \arccos\left(\frac{P_{cc}}{V_{cc} * I_{cc}}\right)$$

**Ecuación 10:** Factor de potencia de corto circuito

**Figura 2.4:** Prueba de cortocircuito referido al lado de alta tensión



**Fuente:** Los autores

## 2.8. Conexión Y-Y

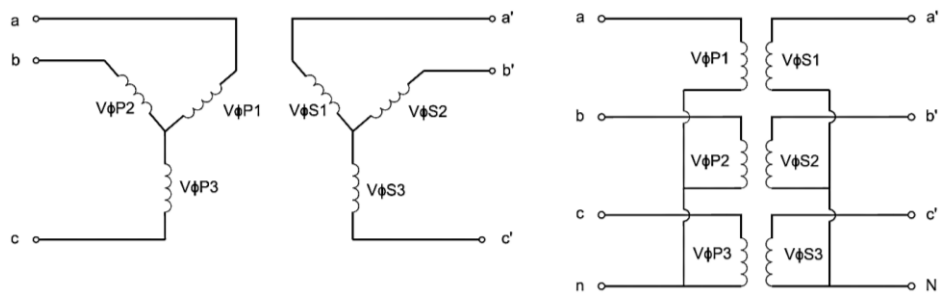
La conexión Y-Y de transformadores trifásicos se muestra en la figura 1.5 En una conexión Y-Y, el voltaje primario en cada fase del transformador está dado por  $V_{\Phi P} = V_{LP}/\sqrt{3}$ . El voltaje de fase primario se relaciona con el voltaje de fase secundario por medio de la relación de vueltas del transformador. El voltaje de fase en el secundario está relacionado con la línea de voltaje en el secundario por  $V_{LS} = \sqrt{3} V_{\Phi S}$ . Por lo tanto, la relación de voltaje general en el transformador es:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{\Phi P}\sqrt{3}}{V_{\Phi S}\sqrt{3}} = a$$

**Ecuación 11:** Relación de voltajes de la conexión Y-Y

(Chapman, 2012)

**Figura 1.5:** Sistema de transformación Y-Y



**Fuente:** Los autores

En esta conexión según el párrafo arriba indicado el voltaje de línea es  $\sqrt{3}$  veces mayor que el voltaje de fase, no así el comportamiento de las corrientes de línea y de fase que en esta conexión son equivalentes.

## 2.9. Sistemas trifásicos balanceados

“Un sistema Y-Y balanceado es un sistema con fuente balanceada conectada en Y y carga balanceada conectada en Y.” (Alexander & Matthew N. O. Sadiku, 2006)

## 2.10. Sistemas trifásicos desbalanceados

“Un sistema desbalanceado se debe a fuentes de tensión desbalanceadas o una carga desbalanceada” (Alexander & Matthew N. O. Sadiku, 2006)

“No hay ninguna restricción en lo que se refiere a la impedancia del conductor neutro; su valor no tiene ningún efecto a la hora de determinar si el sistema está equilibrado”. (Nilsson & Susan A. Riedel, 2005)

### **2.11. Problemas de la conexión Y-Y**

Esta conexión tiene dos grandes problemas lo que se detalla a continuación:

1. Si las cargas en el circuito del transformador no están equilibradas, entonces los voltajes en las fases del transformador pueden llegar a desequilibrarse severamente.
2. Los voltajes de terceras armónicas pueden ser grandes. (Chapman, 2012)

#### **2.11.1. Solución a problemas de la conexión.**

Tanto el problema de desequilibrio de voltajes como el de la tercera armónica se pueden resolver utilizando una de las dos técnicas siguientes:

1. Conectando sólidamente a tierra los neutros de los transformadores, en especial el neutro del devanado primario. Esta conexión permite que los componentes aditivos de la tercera armónica causen un flujo de corriente en el neutro en lugar de acumular grandes voltajes. El neutro también suministra un camino de regreso para cualquier desequilibrio de corriente en la carga.
2. Añadir un devanado terciario conectado en delta al banco de transformadores. Si se añade al transformador un tercer devanado conectado en delta, entonces los componentes de voltaje de la tercera armónica en delta se sumarán y causarán un flujo de corriente circulante dentro del devanado. Esto suprime los componentes de voltaje de la tercera armónica de la misma manera que hacer tierra con los neutros de los transformadores. (Chapman, 2012)

## **2.12. Precaución**

El neutro del primario debe quedar bien conectado al neutro del sistema, pues, de lo contrario. Pueden producirse voltajes excesivos en el circuito del secundario. (General Electric)

## **2.13. Armónicos en los sistemas de potencia.**

“Los armónicos son distorsiones de las sinusoidales ya sean en tensión o en corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal y equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal.” (Paguay, 2015)

“Con frecuencia, los voltajes y corrientes de un circuito de potencia no son ondas seno puras. Los voltajes de línea casi siempre tienen una forma de onda satisfactoria, pero en ocasiones las corrientes aparecen muy distorsionadas.” (Wildi, 2007)

Esto quiere decir que los armónicos, no son otra cosa que perturbaciones que existen en el sistema debido a cargas no lineales conectados al mismo.

### **2.13.1. Generación de armónicos**

Las corrientes armónicas son el resultado de cargas no lineales que demandan una forma de onda de corriente diferente a la forma de onda aplicada o suministrada.

Equipos tales como computadoras, lámparas fluorescentes y focos ahorradores, convertidores de potencia provocan que se generen corrientes armónicas produciendo así la distorsión de los voltajes de la línea.

### **2.13.2. Distorsión armónica total**

“Se lo define como el valor eficaz del total de las componentes armónicas y el valor eficaz que corresponde al componente de la fundamental, este valor se lo expresa como un porcentaje de la onda fundamental.” (Paguay, 2015)



### **2.13.3. Impacto de las armónicas**

Los impactos que se producen en los sistemas eléctricos de potencia son los siguientes:

- Resonancia
- Sobrecalentamiento de los conductores neutros
- Sobrecarga de los condensadores correctores de factor de potencia
- Aumento de pérdidas en las bobinas de los transformadores por efecto Joule.
- Incremento de costos de operación.
- Capacidad reducida de los transformadores en relación a su capacidad nominal.
- Incremento de temperatura de los transformadores provocando fallas prematuras. (Paguay, 2015)

### **2.13.4. Límites de THD de voltaje establecidos por el CONELEC**

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales ( $V_i'$ ) y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición debe permanecer dentro del rango del 3% para voltajes mayores a 40 KV y para valores menores a 40 KV deben estar dentro del rango hasta el 8%. (Regulación No. Conelec -004/01, 2001)

### **2.13.5. Límites de THD de corriente establecidos por la IEEE**

“Los valores máximos del THD de corriente deben de ser como máximo el 20% de la fundamental, para considerar afectado el sistema el número de datos que sobrepasa el valor máximo (20%) deben superar el 5% de la mediciones tomadas” (IEEE (1992). IEEE 519-1992, 1992)

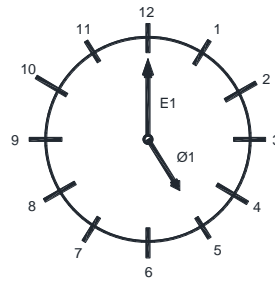
## **2.14. Índices horarios**

“Los desfases existentes entre las tensiones primarias y secundarias son siempre cero o múltiplo de 30°; con el objeto de simplificar al máximo, se recurre a una designación especial, denominada expresión horaria.” (García)

Los índices horarios nos permiten determinar el desfase existente entre los voltajes del lado primario del sistema y los voltajes del lado secundario.

“Teniendo en cuenta que la esfera de un reloj está dividida en 12 partes, cada parte equivale a un ángulo de  $30^\circ$ ”. (García)

**Figura 2.6:** Índice horario



**Fuente:** Los autores

“El número que representa la hora exacta se denomina índice de conexión o índice horario.” (García)

#### **2.14.1. Grupos de conexión**

GRUPO A: Da lugar a un desfase cero entre las tensiones del primario y secundario.

GRUPO B: Da lugar a un desfase de  $180^\circ$  entre las tensiones del primario y secundario.

GRUPO C: Da lugar a un desfase de  $150^\circ$  en retraso de las tensiones secundarias con respecto a las primarias.

GRUPO D: Da lugar a un desfase de  $330^\circ$  o de  $30^\circ$  en adelante de las tensiones secundarias con respecto a las primarias. (García)

La figura 2.7 muestra los 4 grupos vectoriales arriba mencionados.

Figura 2.7: Grupos vectoriales de los transformadores trifásicos

INDICE DE DESFASE	SÍMBOLO DE ACOPLAMIENTO	DIAGRAMA VECTORIAL		ESQUEMA DE CONEXIONES		RELACION DE TRANSFORMACION
		ALTA TENSION	BAJA TENSION	ALTA TENSION	BAJA TENSION	
0 (0°)	Dd0					$\frac{N1}{N2}$
	Yy0					$\frac{N1}{N2}$
	Dz0					$\frac{2 N1}{3 N2}$
6 (180°)	Dd6					$\frac{N1}{N2}$
	Yy6					$\frac{N1}{N2}$
	Dz6					$\frac{2 N1}{3 N2}$
5 (150°)	Dy5					$\frac{1 N1}{\sqrt{3} N2}$
	Yd5					$\sqrt{3} \frac{N1}{N2}$
	Yz5					$\frac{2 N1}{\sqrt{3} N2}$
11 (330°) (-30°)	Dy11					$\frac{1 N1}{\sqrt{3} N2}$
	Yd11					$\sqrt{3} \frac{N1}{N2}$
	Yz11					$\frac{2 N1}{\sqrt{3} N2}$

Fuente: Los autores

## **CAPÍTULO III**

### **3. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES**

#### **3.1. Lineamientos a seguir para la construcción del tablero del banco de pruebas para transformadores**

La secuencia que se ha realizado para la construcción del tablero del banco de pruebas para transformadores es la siguiente:

##### **3.1.1. Diseño del proyecto.**

Se empezó a diseñar el CAD, como sería el vinil que serviría como portada en el tablero metálico de 3mm a construir. En este tablero se montarían todos los elementos y equipos que servirían para nuestro análisis.

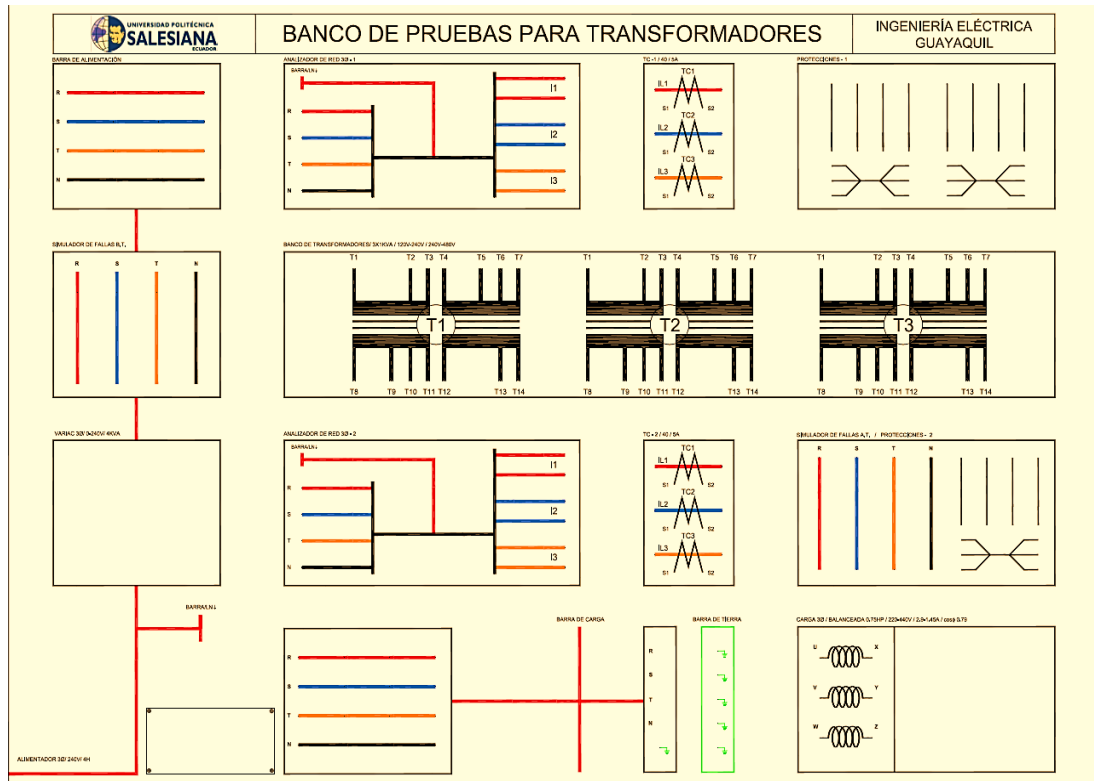
Para ello se necesitaba tener todas las medidas exactas de cada elemento a instalar en el tablero tales como: Disyuntores, bases porta fusibles, bornes (jacks), analizador de red, variador de voltaje (variac).

Asimismo en el diseño del vinil se tuvo mucho cuidado para que la distribución de los elementos tenga simetría en todas sus áreas.

Una vez concluido el diseño del tablero del banco de pruebas se imprimió en un borrador en material de lona que sirva como plantilla, para montarla sobre la plancha metálica y así poder marcar todos los elementos que iban a ser instalados, de esta manera nos daría mucha confiabilidad en el momento de realizar el montaje de cada pieza, dándole más precisión y estética al tablero.

La figura 3.1 muestra el diseño del proyecto.

Figura 2.1: Diseño del Proyecto



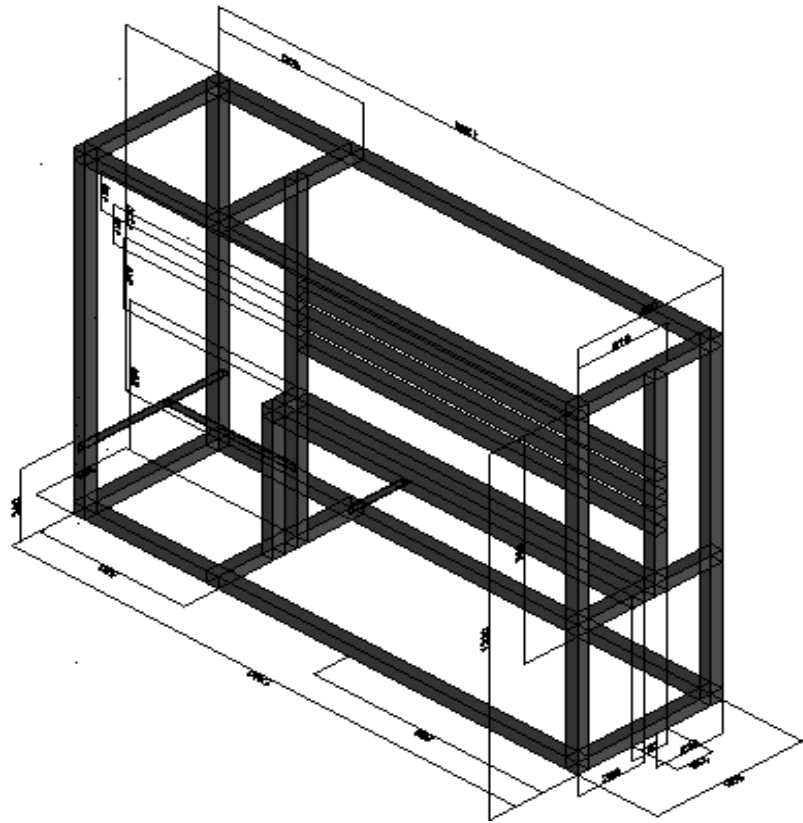
Fuente: Los autores

### 3.1.2. Estructura metálica.

Una vez que concluido el diseño la plancha metálica se empezó a diseñar una estructura que sirva de soporte para dicha plancha. En esta estructura a más del montaje de la plancha metálica, también irían instalados una serie de equipos y elementos tales como: El bloque de transformadores 3x1kVA, variador de voltaje (variatic), bases porta fusibles, y canaletas para el cableado.

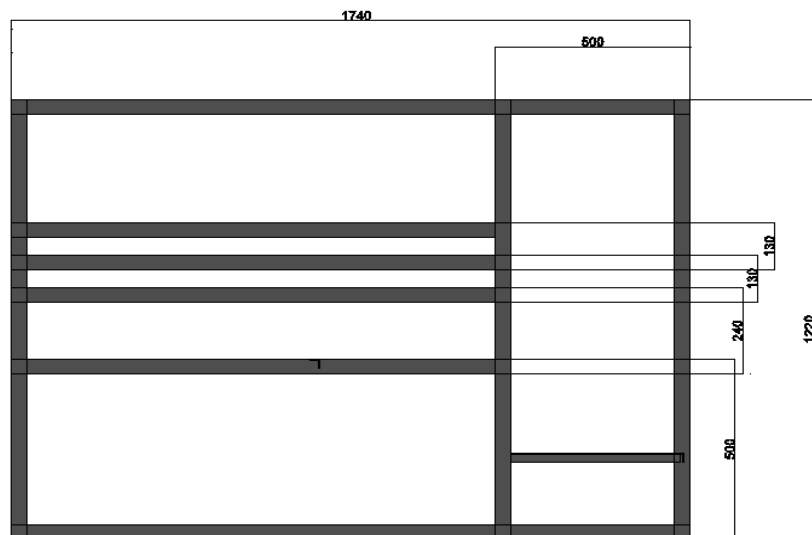
Asimismo se tuvo mucho cuidado para la distribución de los elementos antes citados, cabe resaltar que esta estructura se la diseño de tal manera que sea robusta para soportar todo el peso de los elementos en conjunto.

**Figura 3.2:** Vista isométrica de la estructura metálica



**Fuente:** Los autores

**Figura 3.3:** Vista frontal de la estructura metálica



**Fuente:** Los autores

### 3.1.3. Plancha metálica.

Una vez terminado el diseño de la plancha metálica se procedió a la construcción de dicha plancha con todas sus especificaciones indicadas. Esta fue construida en un taller artesanal calificado con las medidas del diseño 1,74m de ancho por 1,22m de alto. Esta parte del trabajo fue muy minucioso, se tuvo demasiado cuidado ya que todos los agujeros que se realizaban debían ser exactos para que puedan calzar los elementos a instalar.

**Figura 3.4:** Construcción de plancha metálica



**Fuente:** Los autores

### 3.1.4. Montaje del vinil sobre la plancha metálica

Una vez que se comprobara que la plancha metálica estuviera lista sin ningún tipo de rebabas se procedió a utilizar la técnica apropiada para la colocación del vinil, esto esparciendo agua con un atomizador sobre la plancha pintada, para luego con mucho cuidado y de manera muy lenta colocar el vinil que sería la portada del tablero de pruebas.

**Figura 3.5:** Montaje del vinil



**Fuente:** Los autores

### **3.1.5. Montaje de equipos y elementos sobre la plancha metálica**

La puesta de los elementos se redujo su complejidad ya que los calados que se hicieron fueron exactos y no hubo dificultad en la colocación de los mismos. Asimismo se trabajó con mucha coherencia en la distribución de los bornes de conexión instalados.

**Figura 3.6:** Montaje de equipos y elementos



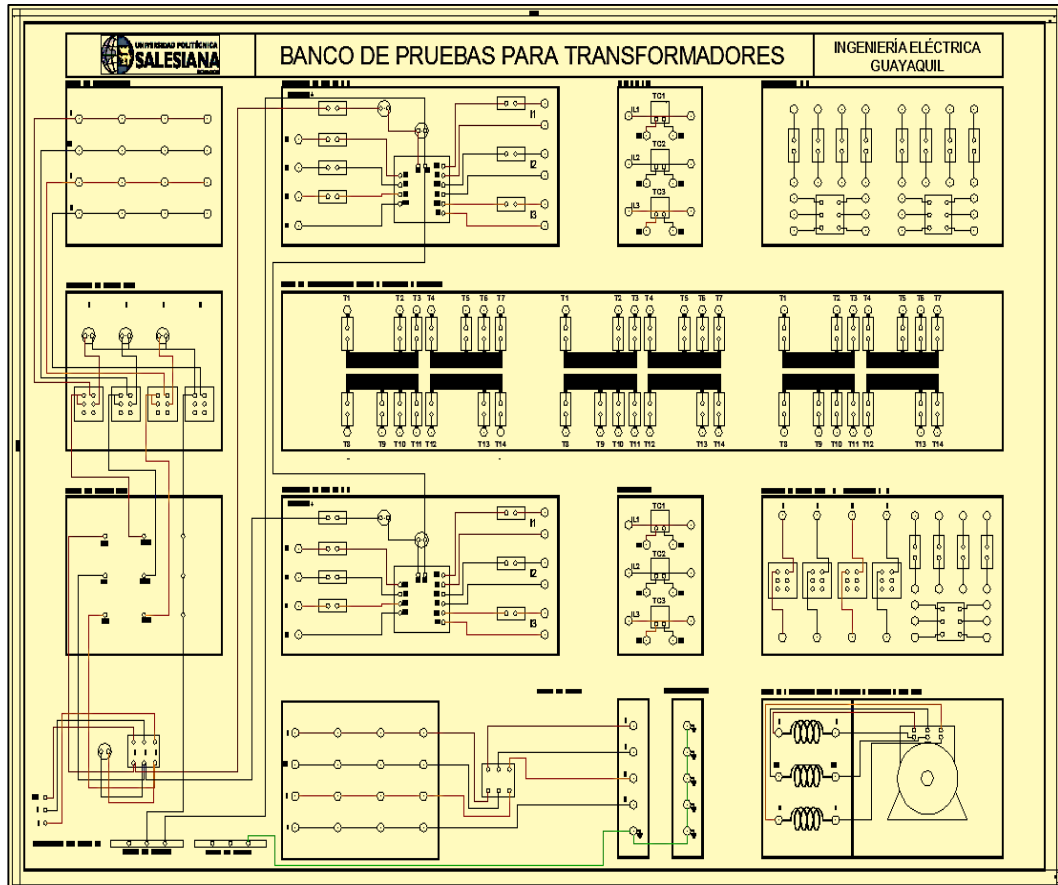
**Fuente:** Los autores



### 3.1.6. Instalación de los equipos y elementos.

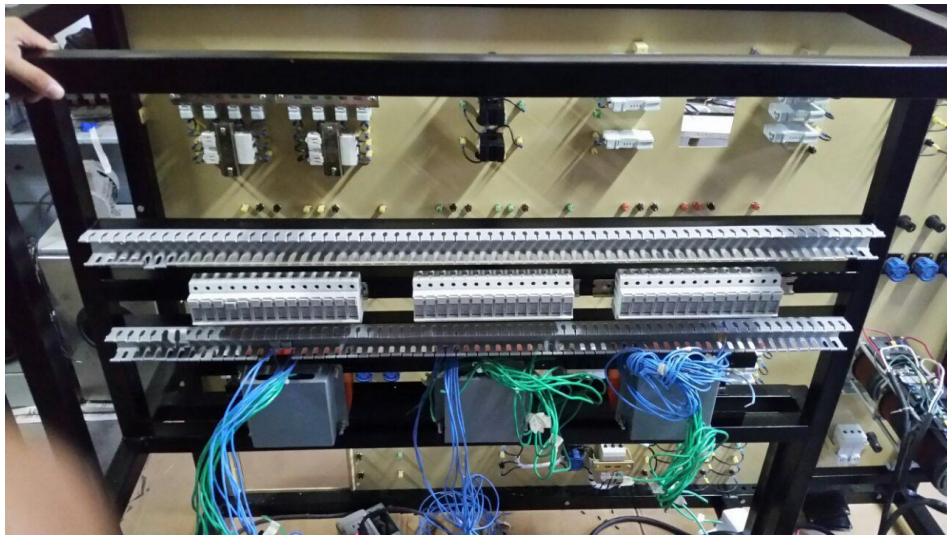
Una vez realizado todo el montaje de los equipos y elementos, se procedió a realizar la instalación eléctrica de cada elemento haciendo referencia al plano eléctrico diseñado. Tal como indica la figura 3.7.

Figura 3.7: Plano eléctrico del diseño



Fuente: Los autores

**Figura 3.8:** Instalación eléctrica de los equipos



**Fuente:** Los autores

**Figura 3.9:** Instalación eléctrica de los equipos



**Fuente:** Los autores

**Figura 3.10:** Instalación eléctrica de los equipos

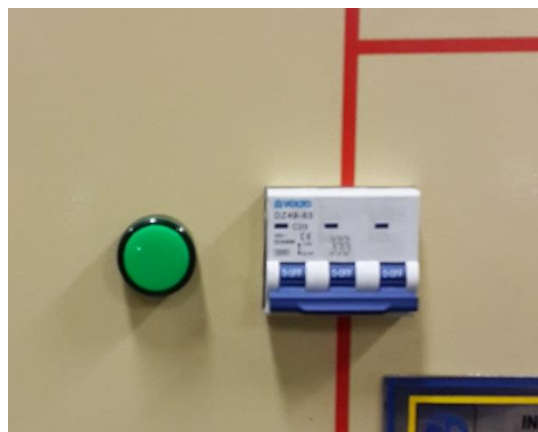


**Fuente:** Los autores

### **3.2.Descripción de cada equipo y elemento que conforma el tablero del banco de pruebas para transformadores.**

#### **3.2.1. Disyuntor trifásico de 20A.**

**Figura 3.11:** Disyuntor trifásico de 20A



**Fuente:** Los autores

### 3.2.2. Variador trifásico de voltaje (variac 3 $\phi$ )

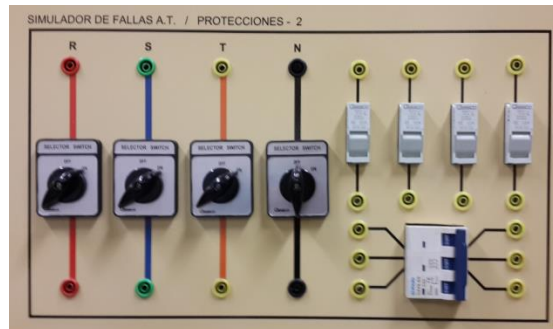
Figura 3.12: Variador de voltaje trifásico



Fuente: Los autores

### 3.2.3. Simulador de fallas de AT

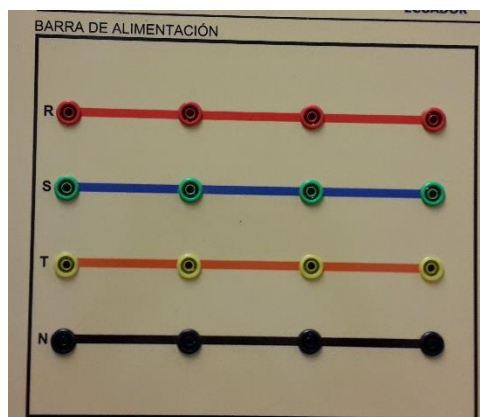
Figura 3.13: Simulador de falla AT



Fuente: Los autores

### 3.2.4. Barra de alimentación

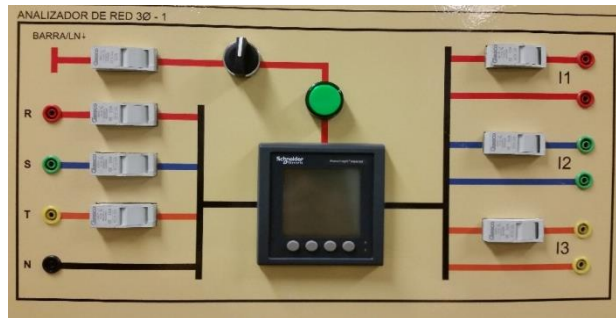
Figura 3.14: Barra de alimentación



Fuente: Los autores

### 3.2.5. Analizadores de red 3 $\phi$

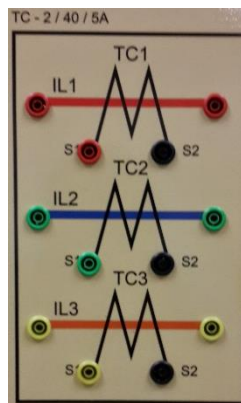
Figura 3.15: Analizador de red trifásico



Fuente: Los autores

### 3.2.6. Transformadores de corriente.

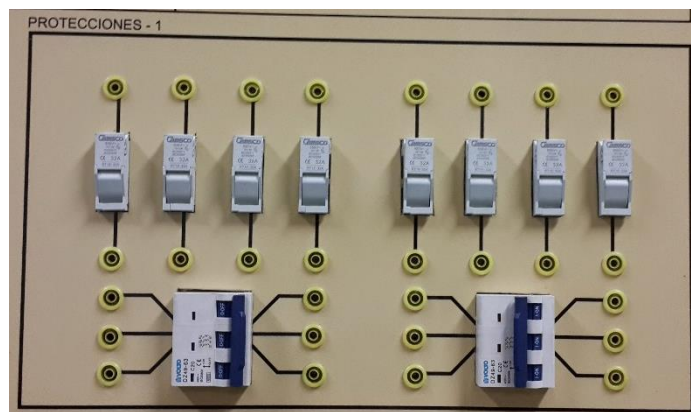
Figura 3.16: Transformadores de corriente



Fuente: Los autores

### 3.2.7. Protecciones adicionales

Figura 3.17: Protecciones adicionales

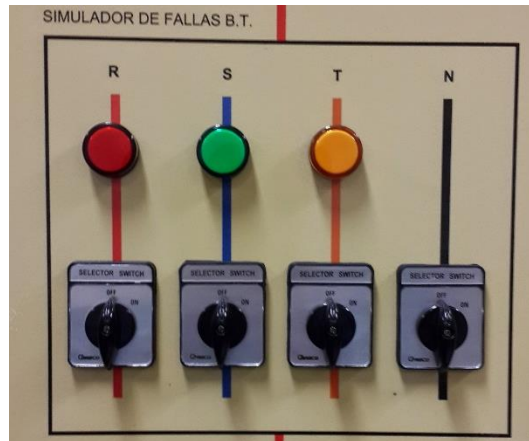


Fuente: Los autores



### 3.2.8. Simulador de fallas B.T.

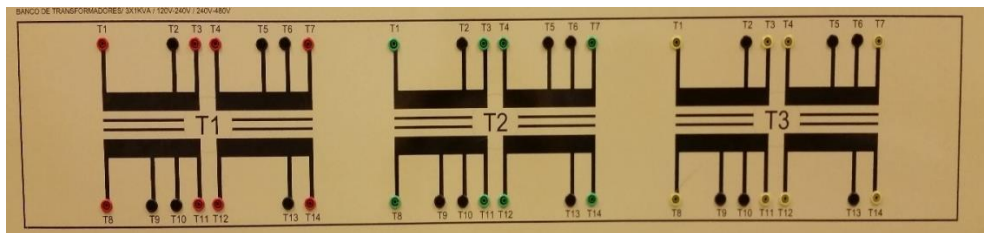
Figura 3.18: Simulador de fallas BT



Fuente: Los autores

### 3.2.9. Banco de transformadores

Figura 3.19: Banco de transformadores



Fuente: Los autores

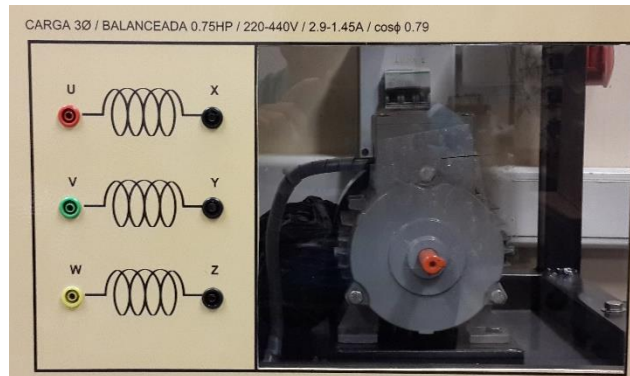
Figura 3.20: Banco de transformadores



Fuente: Los autores

### 3.2.10. Motor trifásico siemens

Figura 3.21: Motor trifásico



Fuente: Los autores

### 3.2.11. Barra de tierra

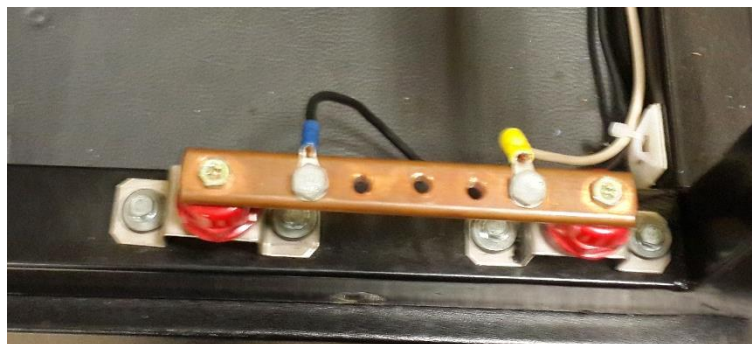
Figura 3.22: Barra de tierra



Fuente: Los autores

### 3.2.12. Barra de neutro

Figura 3.23: Barra de neutro



Fuente: Los autores

### 3.2.13. Clavija de alimentación (tablero)

Figura 3.24: Clavija de alimentación (tablero)



Fuente: Los autores

### 3.2.14. Clavija de alimentación (pared)

Figura 3.25: Clavija de alimentación (pared)



Fuente: Los autores

### 3.2.15. Cable de alimentación

Figura 3.26: Cable de alimentación



Fuente: Los autores



## CAPÍTULO IV

### 4. MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES INTERPUESTAS EN EL ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y – Y

En el siguiente capítulo observaremos que se han diseñado 10 prácticas, las mismas que servirán de instrumento para el análisis del sistema de transformación Y-Y del banco de pruebas de transformadores trifásicos.

#### 4.1. Elementos y equipos de medición utilizados en las prácticas.

##### 4.1.1. Banco para cargas monofásicas.

Fuente: Los autores

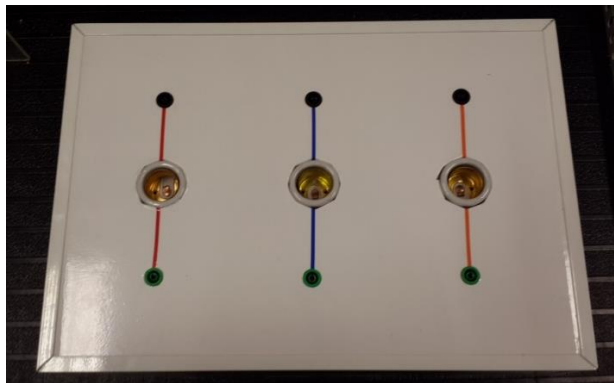


Figura 4.1: Banco de cargas monofásicas

##### 4.1.2. Banco de carga variable resistiva $3\Phi$ .

Fuente: Los autores



Figura 4.2: Banco de carga resistiva trifásica

### 4.1.3. Banco de carga capacitiva.

Fuente: Los autores



Figura 4.3: Banco de capacitores

### 4.1.4. Banco de carga inductiva

Fuente: Los autores

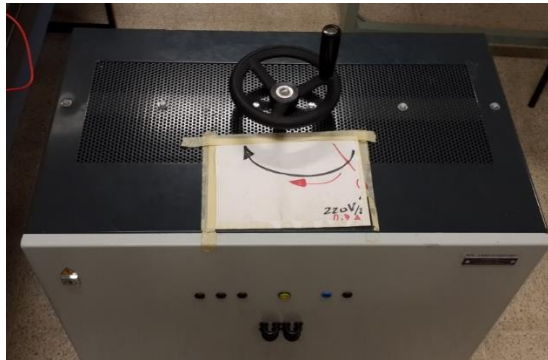


Figura 4.4: Carga inductiva

### 4.1.5. Analizador de redes FLUKE POWERLOG 435

Fuente: Los autores



Figura 4.5: Analizador de red Fluke

#### 4.1.6. Osciloscopio FLUKE SCOPEMETER 125

Fuente: Los autores



Figura 4.6: Osciloscopio Fluke

#### 4.1.7. MULTIMETRO

Fuente: Los autores



Figura 4.7: AMPERÍMETRO Y MULTIMETRO

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 3
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

## 4.2.Desarrollo de Prácticas

### 4.2.1. Práctica # 1

#### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 1**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:**2 Horas

#### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA


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

#### b. OBJETIVO GENERAL:

Conocer el funcionamiento general del tablero del banco de pruebas de transformadores 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 transformadores construido.
2. Conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes que se encuentra en el banco de pruebas para transformadores construido.
3. Conocer las normas de seguridad que se deben tener en cuenta para la puesta en marcha y el uso del banco de pruebas.

	REVISIÓN 1/1	Página 2 de 3
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

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 los bancos trifásicos de transformadores monofásicos.
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 CT's.
4. Funcionamiento general de los motores trifásicos

#### **e. PROCEDIMIENTO**


1. Revisar el manual de usuario y seguridad del tablero del banco de pruebas para transformadores.
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 transformadores.
2. Equipos para medición.
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 el banco de transformadores.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 3 de 3</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

2. Protocolo de mantenimiento preventivo para autotransformador trifásico.
3. Protocolo de mantenimiento preventivo para analizador de red Schneider.
4. Protocolo de mantenimiento preventivo para simuladores de falla en BT y AT.
5. Protocolo de mantenimiento preventivo para estructura del banco de pruebas.
6. Protocolo de mantenimiento preventivo para motor Siemens.
7. Protocolo de mantenimiento preventivo para borneras del tablero del banco de pruebas.

#### **h. CUESTIONARIO**

- 1.¿Qué tipo de mantenimiento se debe realizar al tablero de pruebas para transformadores?
- 2.¿Qué se debe saber antes de realizar las conexiones en los transformadores del tablero de pruebas para transformadores?
- 3.¿Qué porcentajes de voltaje tengo en los terminales T1 y T2 del lado primario y en los terminales T8 y T10 del lado secundario del transformador T1?

#### **i. ANEXOS**

Configuración de sistemas de alimentación del Analizador Schneider PM5100

#### **j. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

1. SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).

#### **k. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

## BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES

### MANUAL DE USUARIO



**Importante:** Previamente a la energización del tablero del banco de pruebas, el usuario tendrá la obligación de familiarizarse con el manual de instrucciones que se ha diseñado para la operación del banco.

### AVISOS E INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

- Leer las especificaciones técnicas de cada elemento colocado en el tablero en el banco de pruebas, indicadas en la sección de guía de uso y funcionamiento.
- Trabajar con seguridad al energizar el tablero del banco de pruebas con el cable alimentador, es recomendable mantener en posición OFF los disyuntores tanto de la salida de la alimentación del laboratorio como del disyuntor principal del tablero del banco de pruebas antes de hacerlo.
- Antes de energizar cualquiera de los circuitos de las pruebas indicadas en la sección de guía de prácticas, tener en posición OFF los selectores de cada una de las fases como el disyuntor principal.
- Ubicar los fusible del amperaje requerido en los porta fusibles de los diferentes equipos con el fin de realizar una efectiva protección de cada uno de ellos.
- No ejecutar conexiones con el tablero de pruebas energizado, cada de que deseemos realizar modificaciones a los circuitos implementados, es necesario desenergizar el tablero del banco de pruebas, teniendo en cuenta la siguiente secuencia: Primero aislar la carga colocando en posición OFF el selector trifásico que alimenta a la misma, luego desenergizar los analizadores que se estén utilizando en la prueba por medio de sus selectores , posteriormente interrumpir a través de los selectores cada una de las fases de la barra de alimentación teniendo como prioridad las fases antes que el neutro, para finalmente colocar en posición OFF el disyuntor principal.
- Si algún fusible se abre, desenergizar el tablero del banco de pruebas para su reemplazo, tomando en cuenta la secuencia del ítem anterior.

-No maniobrar la parte posterior del tablero del banco de pruebas, mientras esta energizado el mismo, y en casos aislados de requerirlo tomar todas las medidas de seguridad cuidando su integridad física y daños a los equipos.

## **SITIO DE LAS SECCIONES Y ELEMENTOS EN EL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS**

El tablero del banco de pruebas conserva 13 secciones cada una de las cuales se encuentra ubicada de la manera que muestra la Figura No.1, cada sección posee diferentes equipos los cuales se mencionan a continuación:

- 1. Sección 1:** Alimentación del Variac trifásico; contiene el disyuntor principal, una luz piloto y el Variac.
- 2. Sección 2:** Simulador de fallas de BT.; contiene 4 selectores trifásicos y 3 luces piloto.
- 3. Sección 3:** Barra de alimentación; que contiene 4 jacks de conexión por fase y neutro.
- 4. Sección 4:** Analizador de red 3F – 1; contiene el analizador de red para BT, 7 porta fusibles, un selector monofásico y una luz piloto.
- 5. Sección 5:** TC- 1; posee tres TC para el lado de BT.
- 6. Sección 6:** Protecciones -1; posee 8 porta fusibles y 2 disyuntores trifásicos.
- 7. Sección 7:** Banco de transformadores 3x1KVA; posee tres transformadores monofásicos de 1KVA
- 8. Sección 8:** Simulador de fallas AT / Protecciones - 2; posee 4 porta fusibles, 4 selectores 3F y un disyuntor 3F.
- 9. Sección 9:** TC- 2; posee tres TC para el lado de AT
- 10. Sección 10:** Carga trifásica balanceada; posee un motor trifásico.
- 11. Sección 11:** Barra de tierra; posee 5 jacks de conexión para tierra.
- 12. Sección 12:** Barra de carga: posee un selector 3F, un disyuntor 3F y 4 jacks de conexión para fases y N
- 13. Sección 13:** Analizador de red 3F – 2; contiene el analizador de red para AT, 7 porta fusibles, un selector monofásico y una luz piloto.



Fuente: Los autores

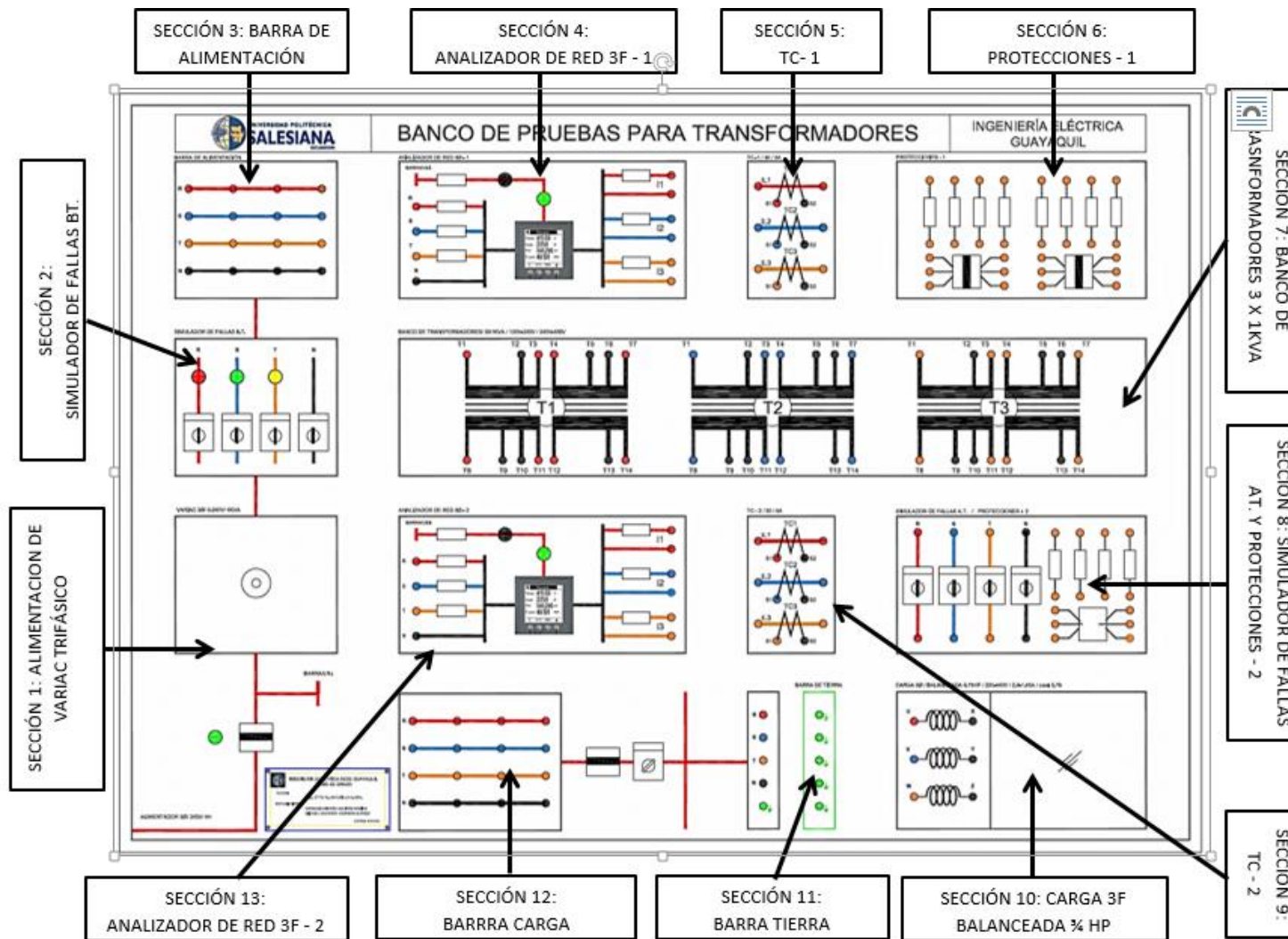


Figura 4.8: Estructura general del tablero

## DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DEL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS

Fuente: Los autores

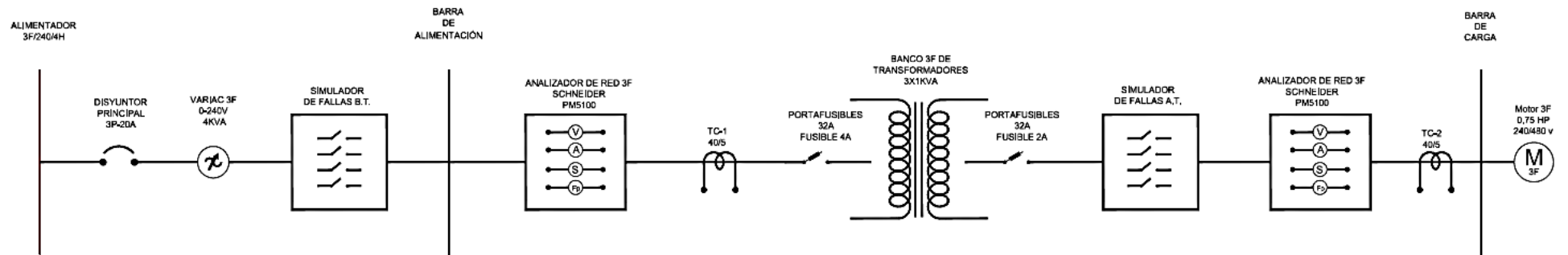


Figura 4.9: Diagrama Unifilar general del banco de pruebas para transformadores.

## MANUAL DE RUTINA Y OPERACIÓN DEL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS

El tablero del banco de pruebas para transformadores fue diseñado para operar de acuerdo a lo siguiente:

### Sección 1: Alimentación del Variac trifásico

La alimentación principal del tablero del banco de pruebas se da a través de un disyuntor trifásico de 16A que se encuentra en la parte inferior del variac, el mismo que al activarse provocará el encendido de una luz piloto.

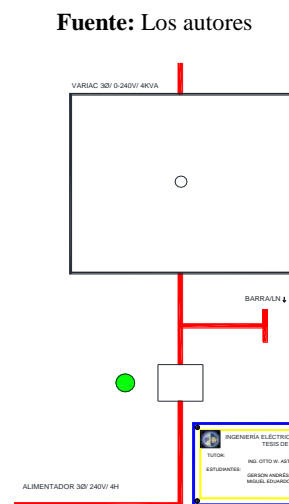


Figura 4.10: Sección 1 del banco de pruebas para transformadores

### Sección 2: Simulador de fallas de BT

En esta sección compuesta por 4 selectores y 3 luces piloto, se podrá además de suministrar energía a la barra de alimentación del tablero, simular la falla de las líneas del lado de baja tensión del mismo.

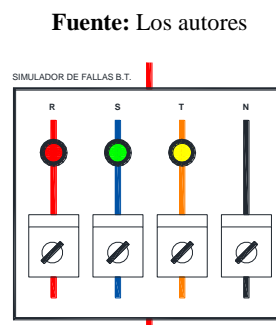


Figura 4.11: Sección 2 del banco de pruebas para transformadores

### Sección 3: Barra de alimentación

Una vez energizada esta sección permitirá alimentar las demás secciones del tablero del banco de pruebas.

Fuente: Los autores



Figura 4.12: Sección 3 del banco de pruebas para transformadores

### Sección 4: Analizador de red 3Φ – 1

En esta sección se realizará la medición directa del sistema conectado en baja tensión, está compuesto por un analizador Schneider el mismo que para energizar será necesario colocar en posición ON el selector, asegurándose que exista el fusible tipo cartucho correspondiente.

Fuente: Los autores

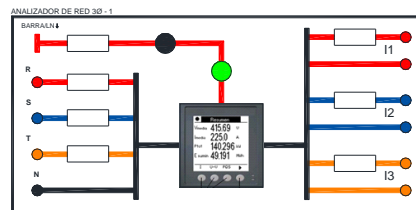


Figura 4.13: Sección 4 del banco de pruebas para transformadores

### Sección 5: TC - 1

En esta sección se podrá obtener valores de medición indirecta a partir de 5A del sistema conectado en el lado de baja tensión.

Fuente: Los autores

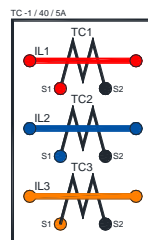


Figura 4.14: Sección 5 del banco de pruebas para transformadores

## Sección 6: Protecciones - 1

Esta sección ofrece una protección extra destinada a cargas externas que se puedan conectar al tablero del banco de pruebas.

Fuente: Los autores

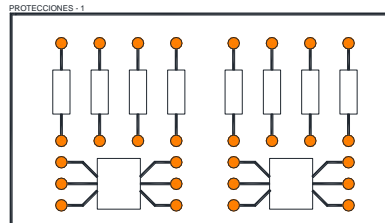


Figura 4.15: Sección 6 del banco de pruebas para transformadores

## Sección 7: Banco de transformadores 3x1KVA

Podemos indicar que esta sección es la más importante del tablero de pruebas, está compuesta por un banco de transformadores de 3X1 KVA destinado a realizar los diferentes tipos de conexiones teniendo en cuenta la polaridad de cada uno de ellos.

Adicionalmente cada transformador posee tomas al 50% y 86.6% de su voltaje nominal.

Fuente: Los autores

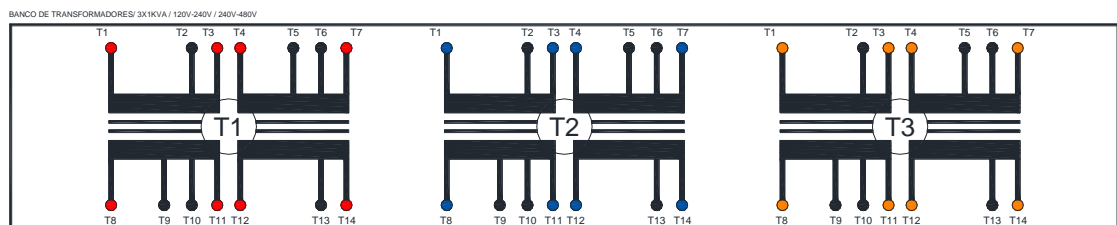


Figura 4.16: Sección 7 del banco de pruebas para transformadores

Fuente: Los autores

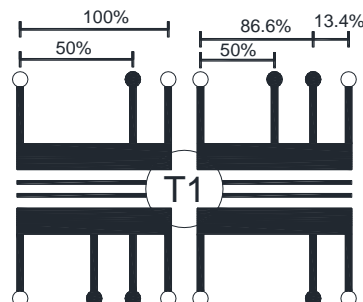


Figura 4.17: Porcentajes de tomas de los transformadores

En este caso tenemos la novedad que los transformadores poseen distinta polaridad, los transformadores T1 y T2 poseen polaridad sustractiva, no así el transformador T3 que posee una polaridad aditiva. De esta manera los terminales de los transformadores se encuentran polarizados como lo muestra la figura:

Fuente: Los autores

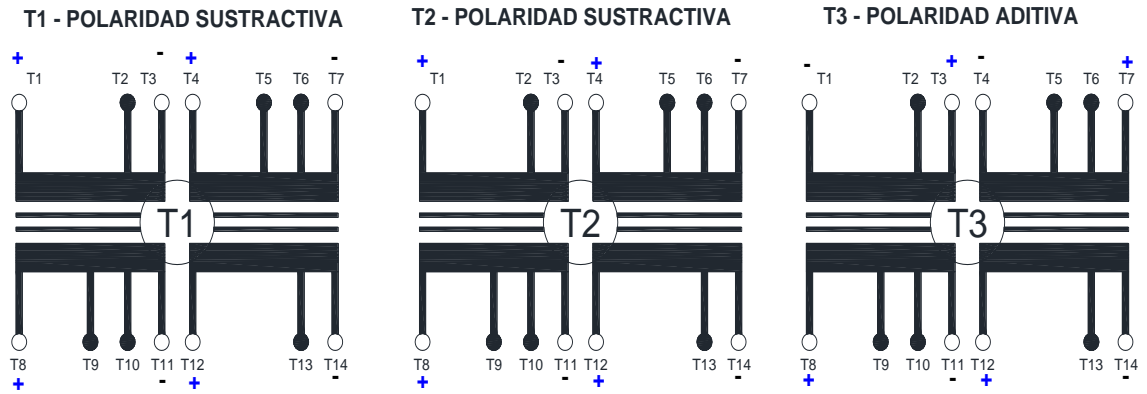


Figura 4.18: Polaridad de los transformadores

### Sección 8: Simulador de fallas AT / Protecciones - 2

En esta sección compuesta por 4 selectores, 4 portafusibles y 1 disyuntor trifásico de 16A, se podrá además de suministrar energía a la barra de carga del tablero, simular la falla de las líneas del lado de alta tensión del mismo.

Fuente: Los autores

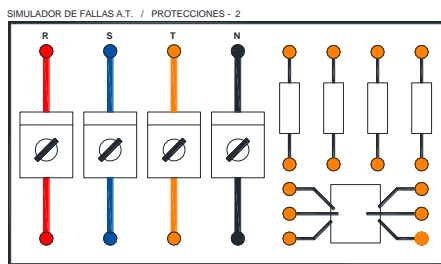


Figura 4.19: Sección 8 del banco de pruebas para transformadores

## Sección 9: TC - 2

En esta sección se podrá obtener valores de medición indirecta a partir de 5A del sistema conectado en el lado de alta tensión.

Fuente: Los autores

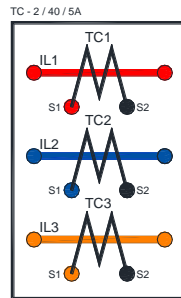


Figura 4.20: Sección 9 del banco de pruebas para transformadores

## Sección 10: Carga trifásica balanceada.

En esta sección utilizamos como carga trifásica un motor trifásico jaula de ardilla el mismo que se puede conectar en delta o estrella.

Fuente: Los autores

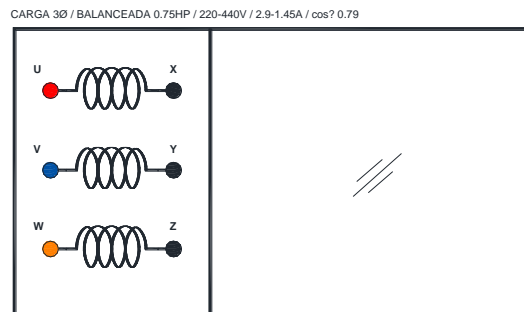


Figura 4.21: Sección 10 del banco de pruebas para transformadores

## Sección 11: Barra de tierra.

Esta sección es muy importante ya que nos permite aterrizar todos los sistemas o equipos conectados del banco de pruebas, y así obtener una mayor seguridad al personal.

Fuente: Los autores

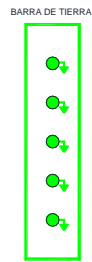


Figura 4.22: Sección 11 del banco de pruebas para transformadores

### Sección 12: Barra de carga

En esta sección se podrá alimentar todas las cargas posibles que se puedan conectar a este banco.

Fuente: Los autores

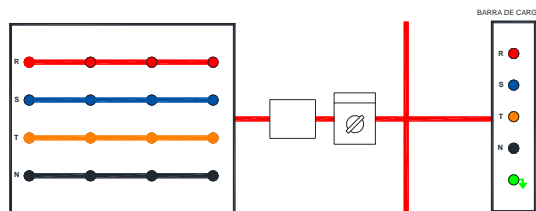


Figura 4.23: Sección 12 del banco de pruebas para transformadores

### Sección 13: Analizador de red 3Φ – 2

En esta sección se realizará la medición directa del sistema conectado en alta tensión, está compuesto por un analizador Schneider el mismo que para energizar será necesario colocar en posición ON el selector, asegurándose que exista el fusible tipo cartucho correspondiente.

Fuente: Los autores

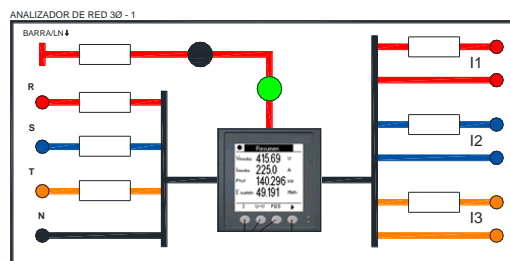


Figura 4.24: Sección 13 del banco de pruebas para transformadores



# ESQUEMA DE CONEXIONES DEL BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES

Fuente: Los autores

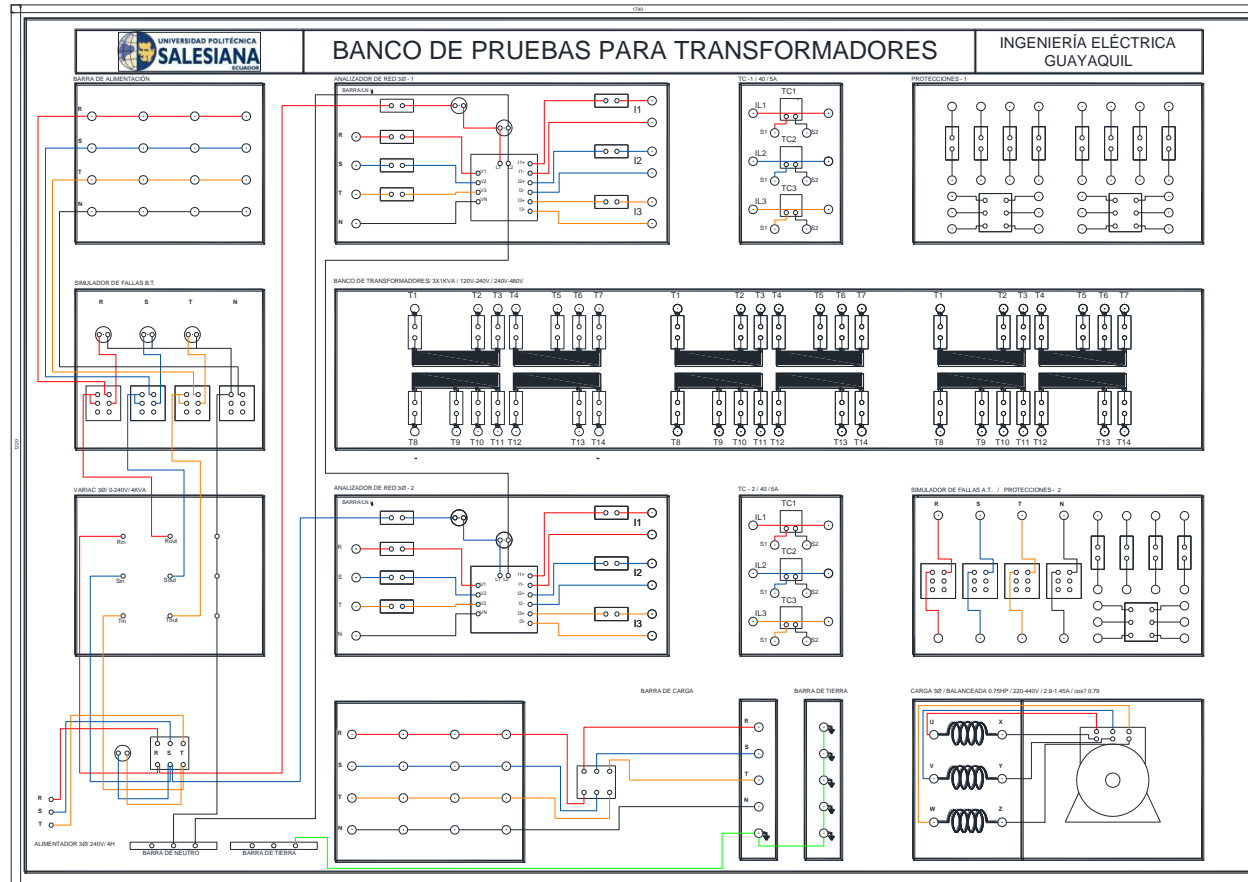


Figura 4.25: Diagrama de conexiones del tablero

## DISEÑO ESTRUCTURAL DEL BANCO

Fuente: Los autores

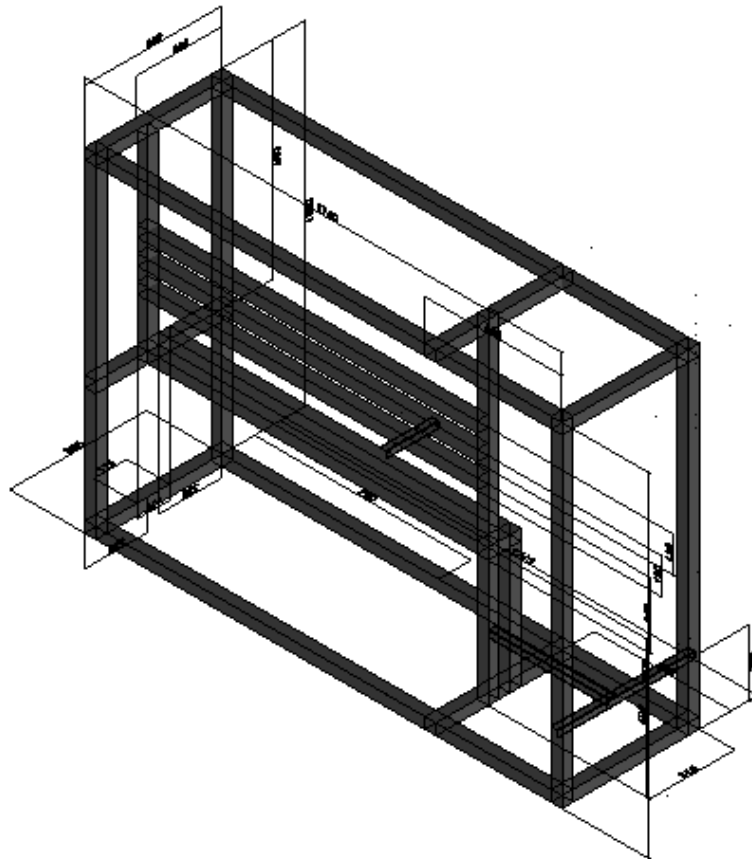


Figura 4.26: Diagrama estructural del tablero

### PUESTA EN OPERACIÓN

Para energizar el tablero del banco de pruebas, se lo realiza mediante una alimentación trifásica de 4 hilos / 240V a través de un conector tipo clavija de 16A.

### MANUAL DE PRÁCTICAS

Se han planteado 10 prácticas empleadas en el estudio de ingeniería de los sistemas de transformación Y-Y que corresponde al análisis de fallas, determinación de armónicos a vacío y con carga y modelos reales con diferentes tipos de cargas.

- **Práctica No.1:** Manual de usuario, normas de seguridad y protocolos de mantenimiento del tablero del banco de pruebas para transformadores.

- **Práctica No.2:** Modelo real de cada transformador.
- **Práctica No.3:** Sistema de transformación Y-Y con cargas balanceadas.
- **Práctica No.4:** Sistema de transformación Y-Y con cargas desbalanceadas.
- **Práctica No.5:** Simulación de fallas serie en las líneas del lado primario del sistema de transformación Y-Y con cargas balanceadas
- **Práctica No.6:** Simulación de fallas serie en las líneas del lado secundario del sistema de transformación Y-Y con cargas balanceadas
- **Práctica No.7:** Determinación de armónicos del sistema de transformación Y-Y
- **Práctica No.8:** Sistema de transformación Yy6
- **Práctica No.9:** sistema de transformación Y - Y con regulación de Tap.
- **Práctica No.10:** Análisis del sistema de transformación Y-Y con carga desbalanceada RLC

## **PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

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

Las fichas técnicas diseñadas son:

- Protocolo de operatividad del banco de transformadores
- Protocolo de operatividad del Variador de voltaje
- Protocolo de operatividad de los simuladores de falla
- Protocolo de operatividad de estructura mecánica
- Protocolo de operatividad de la maquina asíncrona
- Protocolo de operatividad de los bornes
- Protocolo de operatividad del analizador de redes

**INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES**

**FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO : FMBTR :**

**PROTOCOLO CON RESOLUCIÓN. N :**

**EQUIPO / BANCO DE TRANSFORMADORES / SERIE :**

**FECHA :**

**PRUEBA REALIZADA : TENSIONES EN TERMINALES DE LOS TRANSFORMADORES, PRUEBA A VACÍO**

ÍTEM	VARIABLE	ESTÁNDAR	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES
1	VT (terminal T1 - T3) [V]	120	5%	
2	VT (terminal T1 - T2) [V]	104	5%	
3	VT (terminal T2 - T3) [V]	16	5%	
4	VT (terminal T4 - T7) [V]	120	5%	
5	VT (terminal T4 - T5) [V]	60	5%	
6	VT (terminal T4 - T6) [V]	104	5%	
7	VT (terminal T5 - T6) [V]	44	5%	
8	VT (terminal T5 - T7) [V]	60	5%	
9	VT (terminal T6 - T7) [V]	16	5%	
10	VT (terminal T8 - T11) [V]	240	5%	
11	VT (terminal T8 - T9) [V]	120	5%	
12	VT (terminal T8 - T10) [V]	208	5%	
13	VT (terminal T9 - T10) [V]	88	5%	
14	VT (terminal T9 - T11) [V]	120	5%	
15	VT (terminal T10 - T11) [V]	16	5%	
16	VT (terminal T12 - T14) [V]	240	5%	
17	VT (terminal T12 - T13) [V]	208	5%	
18	VT (terminal T13 - T14) [V]	32	5%	
19	I BT (vacío) alimentando T1 -T3 [A]	0.8667	5%	
20	I BT (vacío) alimentando T4 -T7 [A]	0.875	5%	
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL EQUIPO:</b>		<b>REALIZADO POR :</b>
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO:</b>		<b>RECIBIDO POR :</b>		<b>APROBADO POR :</b>

**Tabla 1:** Ficha para mantenimiento preventivo del transformador

**INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES**

**PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**PROTOCOLO CON RESOLUCIÓN. N :**

**EQUIPO / VARIADOR DE VOLTAJE / SERIE :**

**FECHA :**

**PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 117**

ÍTEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES
1	V R-S ( V ) IN	216	8%		
2	V S-T (V) IN	216	8%		
3	V T-R (V) IN	216	8%		
4	V R-S (V) OUT 100%	214	8%		
5	V S-T (V) OUT 100%	214	8%		
6	V T-R (V) OUT 100%	214	8%		
7	V R-S (V) OUT 50%	112	8%		
8	V S-T (V) OUT 50%	112	8%		
9	V T-R (V) OUT 50%	112	8%		
10	V R-S (V) OUT 0%	0	8%		
11	V S-T (V) OUT 0%	0	8%		
12	V T-R (V) OUT 0%	0	8%		
13	ESTRUCTURA METÁLICA	ACEPTABLE	4%		
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL EQUIPO:</b>		<b>REALIZADO POR :</b>	
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO:</b>		<b>RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO:</b>		<b>APROBADO POR :</b>	

**Tabla 2:** Ficha para mantenimiento preventivo del variador de voltaje

**INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES**

**PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**PROTOCOLO CON RESOLUCIÓN. N :**

**ELEMENTO / SIMULADORES DE FALLA EN BT Y AT/ SERIE :**

**FECHA :**

**PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

ÍTEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 435		DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES
1	CONDUCTANCIA SELECTOR FASE R EN BT	EXISTE	10%		
2	CONDUCTANCIA SELECTOR FASE S EN BT	EXISTE	10%		
3	CONDUCTANCIA SELECTOR FASE T EN BT	EXISTE	10%		
4	CONDUCTANCIA SELECTOR FASE N EN BT	EXISTE	10%		
5	CONDUCTANCIA SELECTOR FASE R EN AT	EXISTE	10%		
6	CONDUCTANCIA SELECTOR FASE S EN AT	EXISTE	10%		
7	CONDUCTANCIA SELECTOR FASE T EN AT	EXISTE	10%		
8	CONDUCTANCIA SELECTOR FASE N EN AT	EXISTE	10%		
9	CONDUCTANCIA SELECTOR 3F DE B. DE CARGA	EXISTE	10%		
10	OTROS	ACEPTABLE	10%		
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL EQUIPO:</b>			<b>REALIZADO POR :</b>
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO:</b>		<b>RECIBIDO POR :</b>			<b>APROBADO POR :</b>

**Tabla 3:** Ficha para mantenimiento preventivo del simulador de fallas

**INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES**

<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				<b>PROTOCOLO CON RESOLUCIÓN. N :</b>		
<b>ELEMENTO / ESTRUCTURA MECÁNICA / SERIE :</b>					<b>FECHA :</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : INSPECCIÓN DE ESTRUCTURA Y ACABADO ESTÉTICO</b>						
<b>ÍTEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON / FLUKE 435</b>		<b>DIAGNÓSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
1	ESTRUCTURA POSTERIOR	ACEPTABLE	10%			
2	VIDRIO SECCIÓN MOTOR	ACEPTABLE	10%			
3	PERFIL DE PROTECCIÓN	ACEPTABLE	10%			
4	SOLDADURA	ACEPTABLE	10%			
5	SUJECCIÓN DE PERNOS	ACEPTABLE	10%			
6	PINTURA	ACEPTABLE	10%			
7	CABLEADO	ACEPTABLE	10%			
8	ESTABILIDAD MESA	ACEPTABLE	10%			
9	COBERTOR DE PLÁSTICO	ACEPTABLE	10%			
10	OTROS	ACEPTABLE	10%			
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL EQUIPO:</b>			<b>REALIZADO POR :</b>	
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO:</b>		<b>RECIBIDO POR :</b>			<b>APROBADO POR :</b>	

**Tabla 4:** Ficha para mantenimiento preventivo de la estructura del tablero

**INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES**

**FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO : FMPMA :** **PROTOCOLO CON RESOLUCIÓN. N :**

**MÁQUINA ASÍNCRONA / MOTOR SIEMENS / SERIE : 1LA7 073-4YA60** **FECHA :**

**PRUEBA REALIZADA : MOTOR EN ESTRELLA , ROTOR TIPO JAULA , SIN CARGA**

ÍTEM	VARIABLE	ESTÁNDAR		DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES
1	VLL ( V )	215	7%		
2	IL ( A )	0.33	7%		
3	N ( RPM )	1650	7%		
4	P ( 3Ø ) / W	30	7%		
5	Q ( 3Ø ) / VAR / INDUCTIVO	170	7%		
6	S ( 3Ø ) / VA	220	7%		
7	R (UX) / OHM	9	7%		
8	R (VY) / OHM	9	7%		
9	R (WZ) / OHM	9	7%		
10	FP ( 3Ø ) / INDUCTIVO	0.18	7%		
11	NIVEL DE RUIDO	ACEPTABLE	5%		
12	NIVEL DE VIBRACIONES	ACEPTABLE	5%		
13	ESTADO DE BORNERAS	ACEPTABLE	5%		
14	ESTADO DEL CHASIS	ACEPTABLE	5%		
15	ESTADO DEL BREAKER	ACEPTABLE	5%		
16	OTROS	ACEPTABLE	5%		
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL EQUIPO:</b>		<b>REALIZADO POR :</b>	
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO:</b>		<b>RECIBIDO POR :</b>		<b>APROBADO POR :</b>	

**Tabla 5:** Ficha para mantenimiento preventivo del motor



**INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES**

**PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**PROTOCOLO CON RESOLUCIÓN. N :**

**ELEMENTOS / BORNERAS / SERIE :**

**FECHA :**

**PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

ÍTEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES
1	CONDUCTANCIA	EXISTE	15%		
2	SOPORTE	TUERCA	15%		
3	AISLADOR EXTERNO DE BORNERA	FIJO	15%		
4	AISLADOR DE TERMINAL	FIJO	15%		
5	MACHINADO DE TERMINAL	ACEPTABLE	15%		
6	OTROS	ACEPTABLE	10%		
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL EQUIPO:</b>			<b>REALIZADO POR :</b>
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO</b>		<b>RECIBIDO POR :</b>			<b>APROBADO POR :</b>

**Tabla 6:** Ficha para mantenimiento preventivo de las borneras

**INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES**

<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				<b>PROTOCOLO CON RESOLUCIÓN. N :</b>		
<b>INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED / SCHNEIDER PM5100 / SERIE :</b>				<b>FECHA :</b>		
<b>PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-4YA60 A VACÍO</b>						
ÍTEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 435		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S ( V )	217	7%			
2	V S-T (V)	217	7%			
3	V T-R (V)	217	7%			
4	V R-N (V)	124	7%			
5	V S-N (V)	124	7%			
6	V T-N (V)	124	7%			
7	IR (A)	0.33	7%			
8	IS (A)	0.33	7%			
9	IT (A)	0.33	7%			
10	P 3Φ (W)	50	7%			
11	Q3Φ (VAR)	120	7%			
12	S3Φ (VA)	128	7%			
13	fp3Φ	0.36	7%			
14	OTROS		9%			
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL EQUIPO:</b>			<b>REALIZADO POR :</b>	
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO:</b>		<b>RECIBIDO POR :</b>			<b>APROBADO POR :</b>	

**Tabla 7:** Ficha para mantenimiento preventivo de analizador Schneider

## **CONCLUSIONES:**

- Se creó un manual con el fin de que el usuario proceda de manera adecuada el uso de funcionamiento de este tablero.
- Así mismo este manual contiene un procedimiento en lo que respecta a las seguridades que deben acatar el usuario antes de operar el equipo.
- Como todo mantenimiento de cualquier equipo debe tener protocolos, se han diseñado una serie de tablas que deben utilizarse cuando se vaya a realizar el mantenimiento preventivo de todo el tablero.

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 4
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### 4.2.2. Práctica # 2


##### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 2**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

##### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** MODELO REAL DEL TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.
- b. **OBJETIVO GENERAL:**

Determinar el modelo real de cada transformador monofásico del banco de pruebas.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
  1. Determinar la relación de transformación de cada transformador
  2. Determinar la polaridad de cada transformador.
  3. Determinar la impedancia y admitancia del núcleo de cada transformador.
  4. Determinar la impedancia equivalente de los devanados de cada transformador.
  5. Determinar el modelo real del transformador referido al lado de baja tensión.
- d. **MARCO TEÓRICO**
  1. Principio de funcionamiento de un transformador monofásico ideal.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 2 de 4</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	


2. Relación fundamental de transformación.
3. Prueba de polaridad.
4. Prueba de circuito abierto
5. Prueba de corto circuito.
6. Modelos reales de un transformador.

#### **e. PROCEDIMIENTO**

1. Utilizar el banco de pruebas, para realizar las respectivas conexiones en los transformadores
2. Realizar mediciones necesarias para llenar las tablas propuestas de la práctica
3. Registrar los valores experimentales obtenidos, en los formatos de protocolos de prueba
4. Realizar cálculos matemáticos y registrar los resultados.
5. Implantar observaciones, acotaciones y conclusiones de la práctica.
6. Fundar el reporte de la práctica realizada.

#### **f. ANÁLISIS Y PRUEBAS**

1. Prueba No.1: Prueba de relación fundamental de transformación
2. Prueba No.2: Prueba de polaridad.
3. Prueba No.3: Prueba de circuito abierto.
4. Prueba No.4: Prueba de corto circuito.
5. Modelo real exacto y aproximado del transformador.
6. Análisis y conclusiones.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 3 de 4</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

**g. RECURSOS**


1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Diagramas de conexión
3. Equipos de Medición
4. Tablas de práctica para registro de resultados.

**h. REGISTRO DE RESULTADOS**

1. Prueba N<sup>0</sup>1: Relación de transformación.  
Tabla N<sup>0</sup> 1
2. Prueba N<sup>0</sup> 2: Prueba de polaridad.  
Tabla N<sup>0</sup> 2.a, Tabla N<sup>0</sup> 2.-b, Tabla N<sup>0</sup> 2.-c.
3. Prueba N<sup>0</sup> 3: Prueba de circuito abierto  
Tabla N<sup>0</sup> 3.a, Tabla N<sup>0</sup> 3.-b, Tabla N<sup>0</sup> 3.-c
4. Prueba N.- 4: Prueba de corto circuito.  
Tabla N<sup>0</sup> 4.a, Tabla N<sup>0</sup> 4.-b, Tabla N<sup>0</sup> 4.-c.
5. Modelo real exacto del transformador.  
Tabla N<sup>0</sup> 5-a, 5-b; Tabla N<sup>0</sup> 5-c, 5-d; Tabla N<sup>0</sup> 5-e, 5-f

**i. CUESTIONARIO**

- 1.¿Qué prueba debo realizar si quiero saber la impedancia del núcleo del transformador?
- 2.¿Qué prueba debo realizar si quiero saber la impedancia de los devanados del transformador?
- 3.Enliste las pruebas fundamentales que deben realizarse a los transformadores antes de su utilización.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 4 de 4</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

**j. ANEXOS**

1. Diagrama eléctrico.
2. Diagrama de conexiones.
3. Tabla de prácticas para registro de resultados
4. Formatos para registro de valores experimentales.

**k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

1. CHAPMAN, STEPHEN J., MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MC GRAW HILL, 2012

**l. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

# PRUEBA N° 1: PRUEBA DE RELACIÓN FUNDAMENTAL DE TRANSFORMACIÓN

## DIAGRAMA ELÉCTRICO

Fuente: Los autores

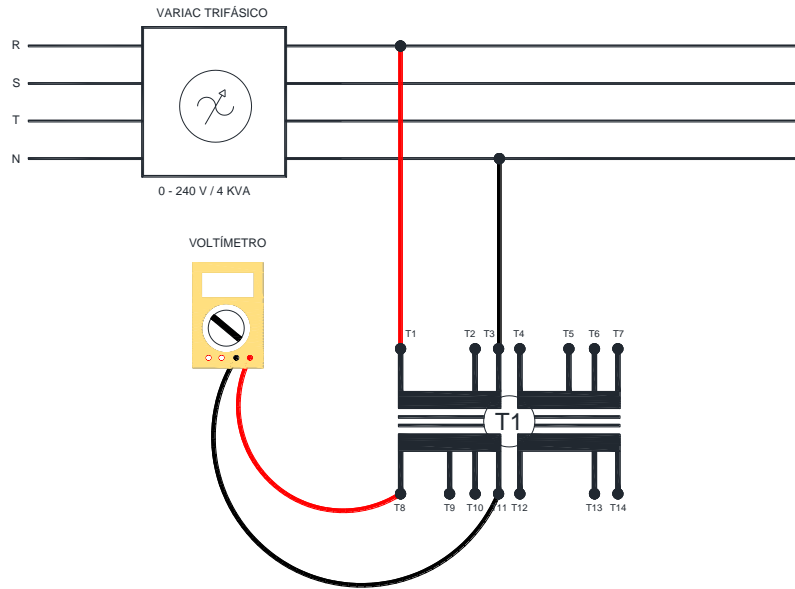


Figura 4.27: Diagrama eléctrico Prueba # 1 – Práctica # 2

## DIAGRAMA DE CONEXIÓN

Fuente: Los autores

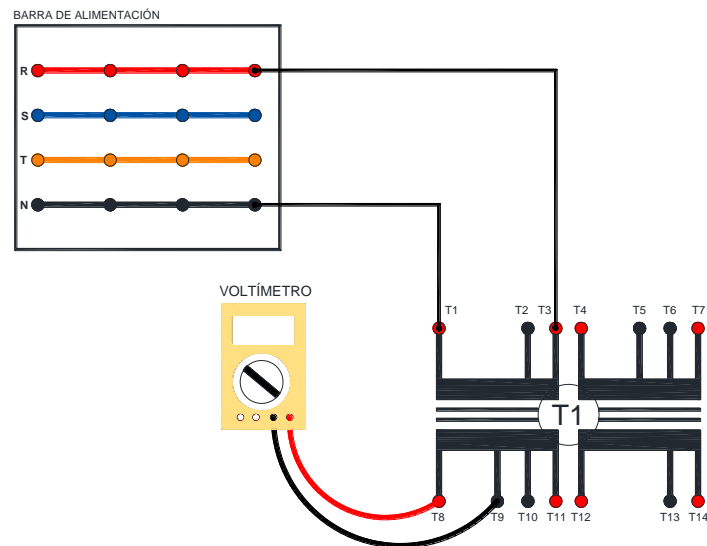


Figura 4.28: Diagrama de conexión Prueba # 1 – Práctica # 2



## RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

<b>TABLA No. 1: PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN A LOS TRANSFORMADORES DEL BANCO</b>				
<b>TERMINALES</b>	<b>VALORES TEÓRICOS [V]</b>	<b>V. PRÁCTICOS T1 [V]</b>	<b>V. PRÁCTICOS T2 [V]</b>	<b>V. PRÁCTICOS T3 [V]</b>
<b>Terminal (T1 - T3)</b>	120	120.1	120.3	120.5
<b>Terminal (T1 - T2)</b>	104	104.3	104.7	104.9
<b>Terminal (T2 - T3)</b>	16	15.45	15.66	15.73
<b>Terminal (T4 - T7)</b>	120	118.5	120.2	120.3
<b>Terminal (T4 - T5)</b>	60	59.38	60.14	60.31
<b>Terminal (T4 - T6)</b>	104	103.2	104.6	104.7
<b>Terminal (T5 - T6)</b>	44	43.93	44.51	44.6
<b>Terminal (T5 - T7)</b>	60	59.42	60.25	60.29
<b>Terminal (T6 - T7)</b>	16	15.45	15.62	15.63
<b>Terminal (T8 - T11)</b>	240	237.5	240.5	241
<b>Terminal (T8 - T9)</b>	120	118.7	120.1	120.3
<b>Terminal (T8 - T10)</b>	208	206.6	209.2	209.4
<b>Terminal (T9 - T10)</b>	88	87.8	89	89
<b>Terminal (T9 - T11)</b>	120	118.8	120.2	120.2
<b>Terminal (T10 - T11)</b>	32	30.93	31.29	31.34
<b>Terminal (T12 - T14)</b>	240	237.9	204.5	240.9
<b>Terminal (T12 - T13)</b>	208	206.7	209.2	209.6
<b>Terminal (T13 - T14)</b>	32	30.95	31.25	31.33

**Tabla 8:** Mediciones de la prueba de relación fundamental de transformación

## PRUEBA N°2: PRUEBA DE POLARIDAD DEL TRANSFORMADOR

### DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BOBINADO I

Fuente: Los autores

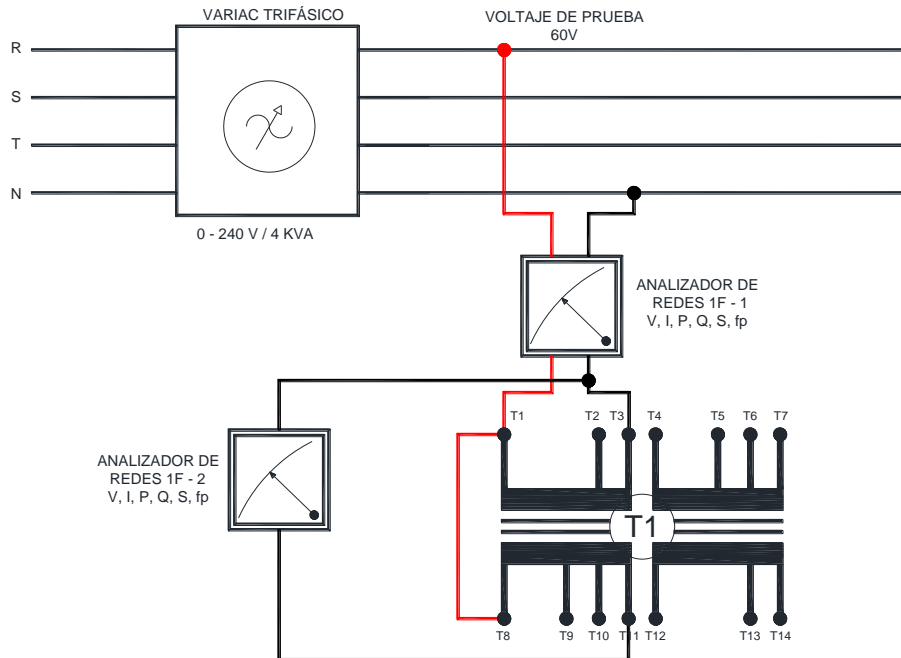


Figura 4.29: Diagrama eléctrico Bobinado I Prueba # 2 – Práctica # 2

### DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BOBINADO II

Fuente: Los autores

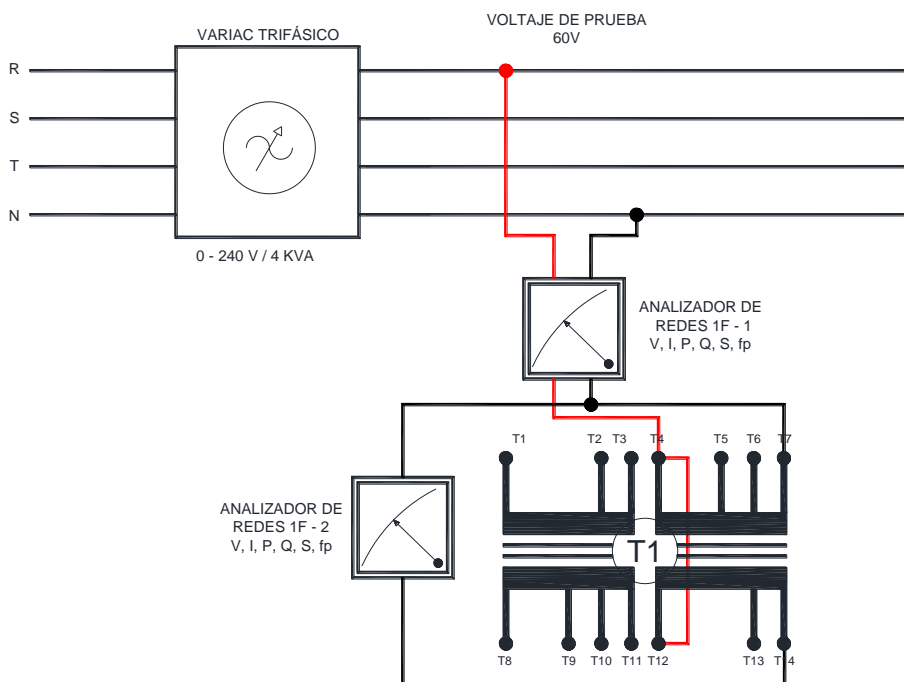


Figura 4.30: Diagrama de eléctrico Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2

# DIAGRAMA DE CONEXIÓN PRUEBA DE POLARIDAD

## TRANSFORMADOR T1 - BOBINADO I

Fuente: Los autores

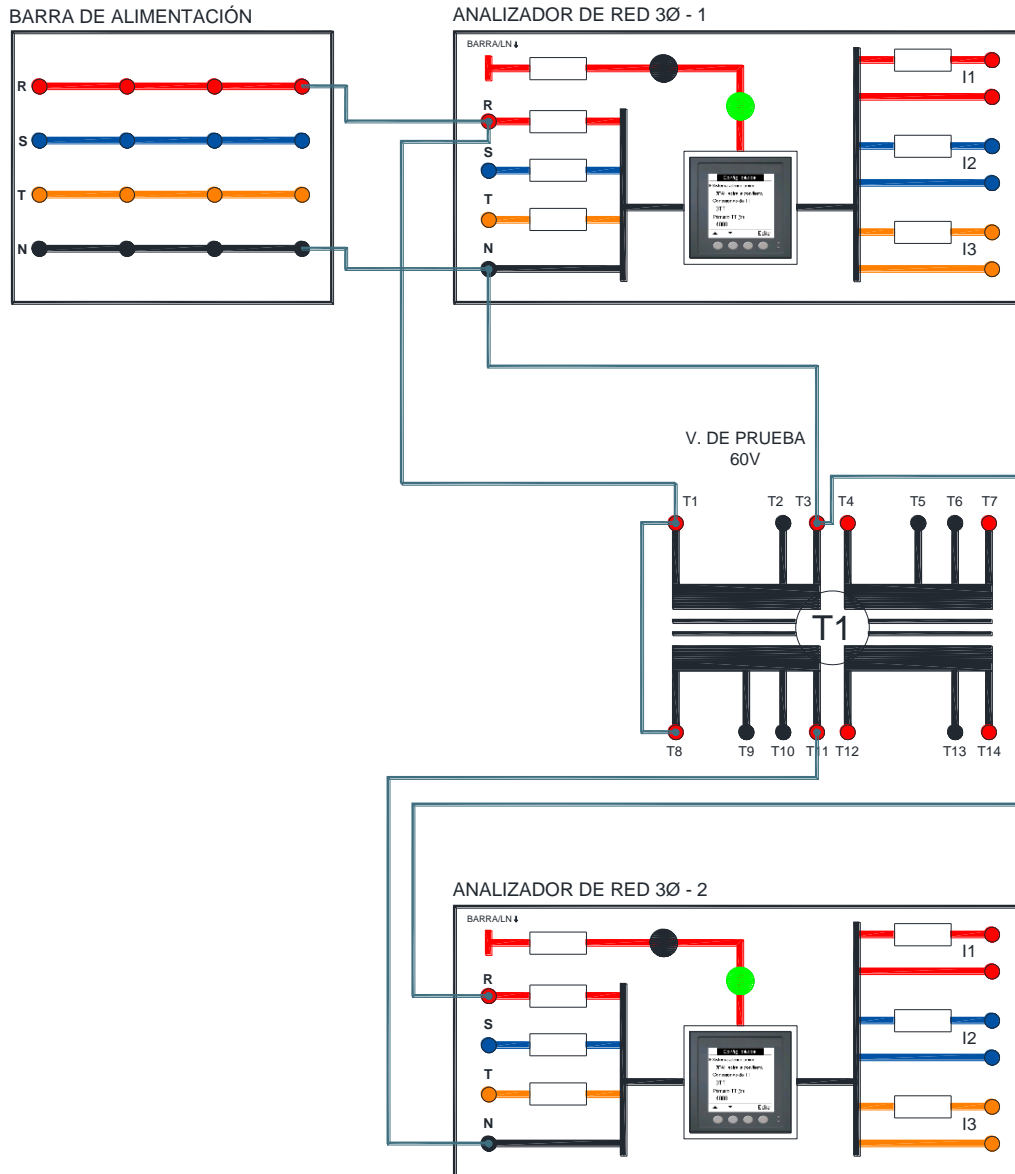


Figura 4.31: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado I Prueba # 2 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T1 - BOBINADO II

Fuente: Los autores

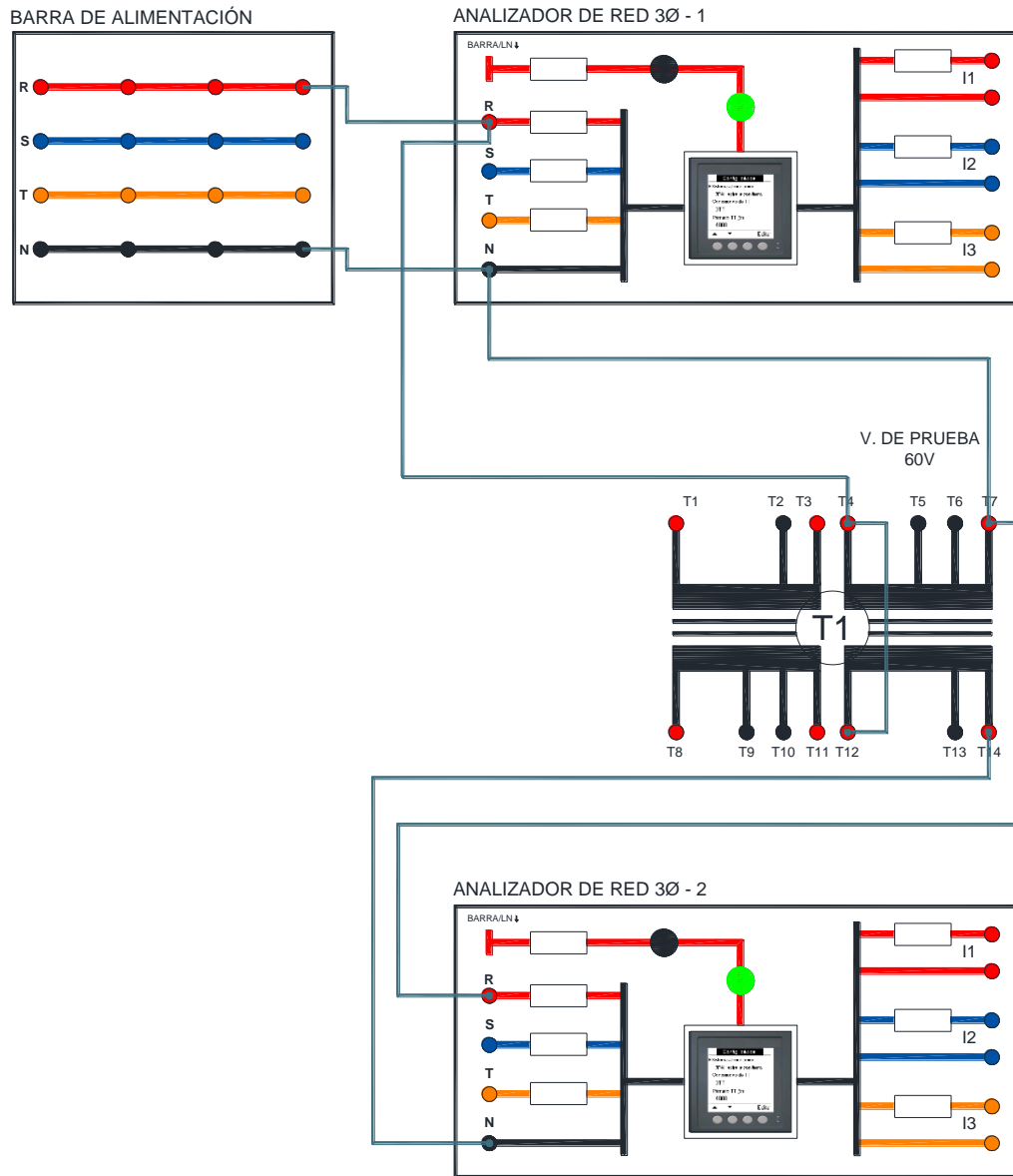


Figura 4.32: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2

# TRANSFORMADOR T2 - BOBINADO I

Fuente: Los autores

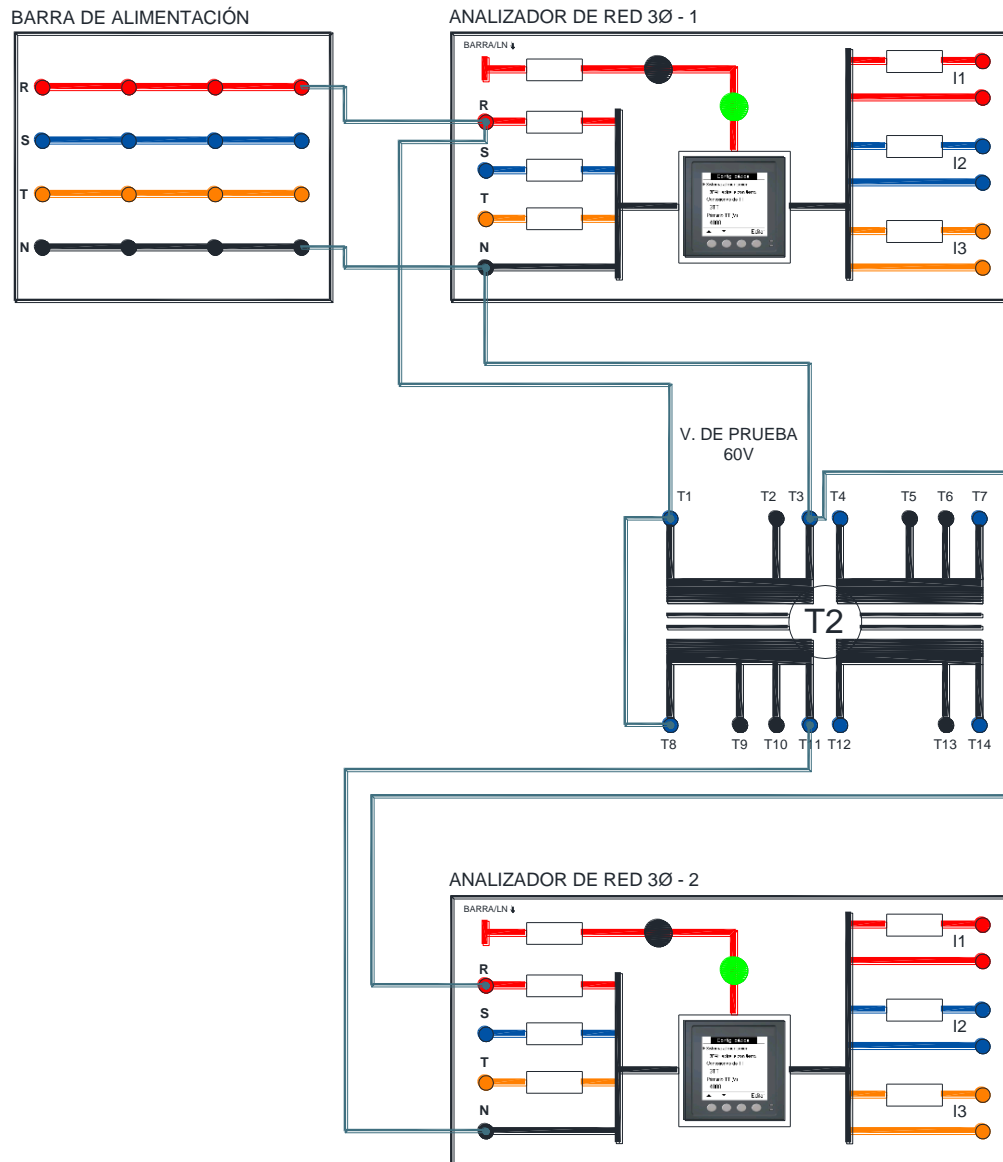


Figura 4.33: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado I Prueba # 2 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T2 - BOBINADO II

Fuente: Los autores

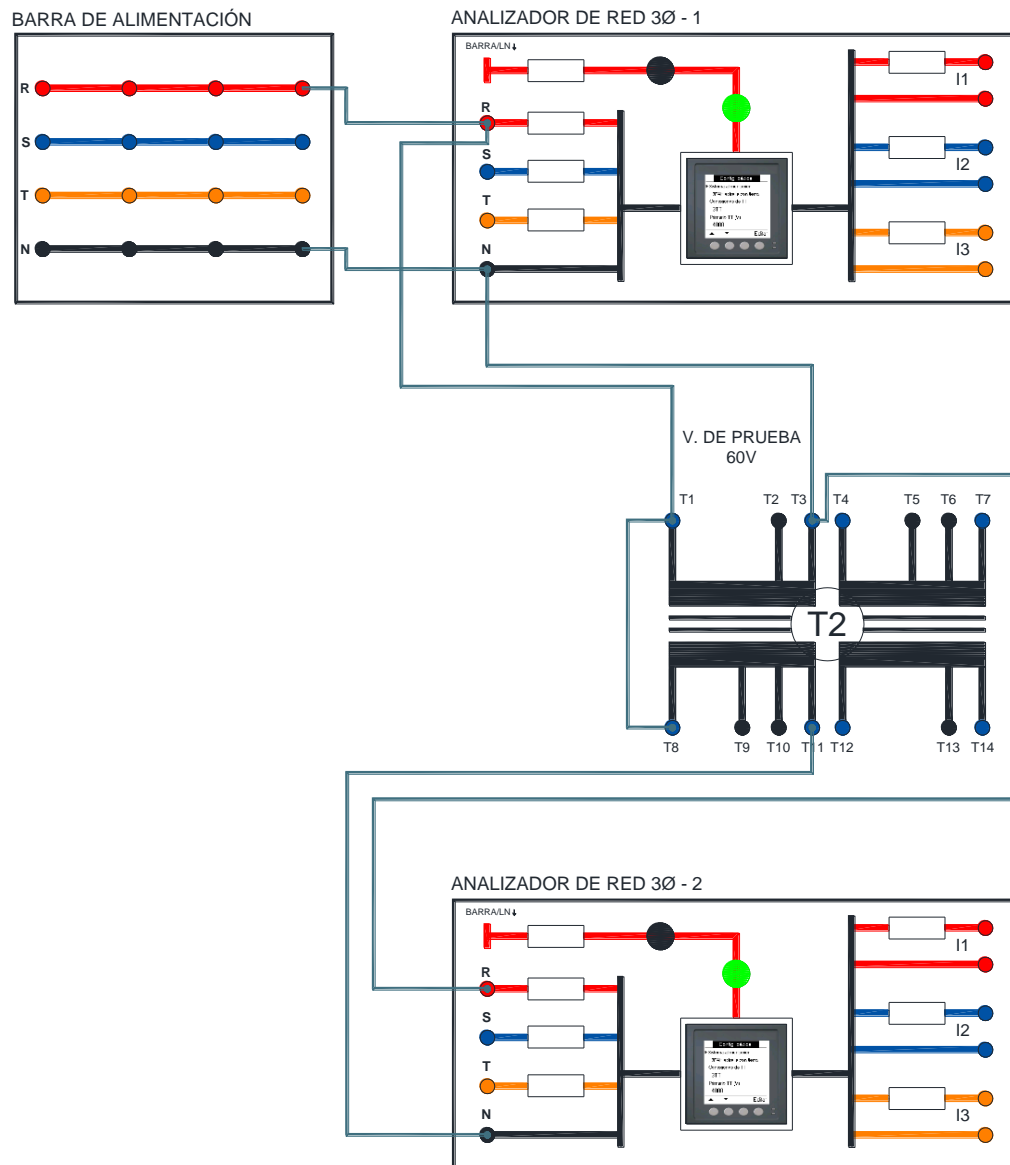


Figura 4.34: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2

# TRANSFORMADOR T3 - BOBINADO I

Fuente: Los autores

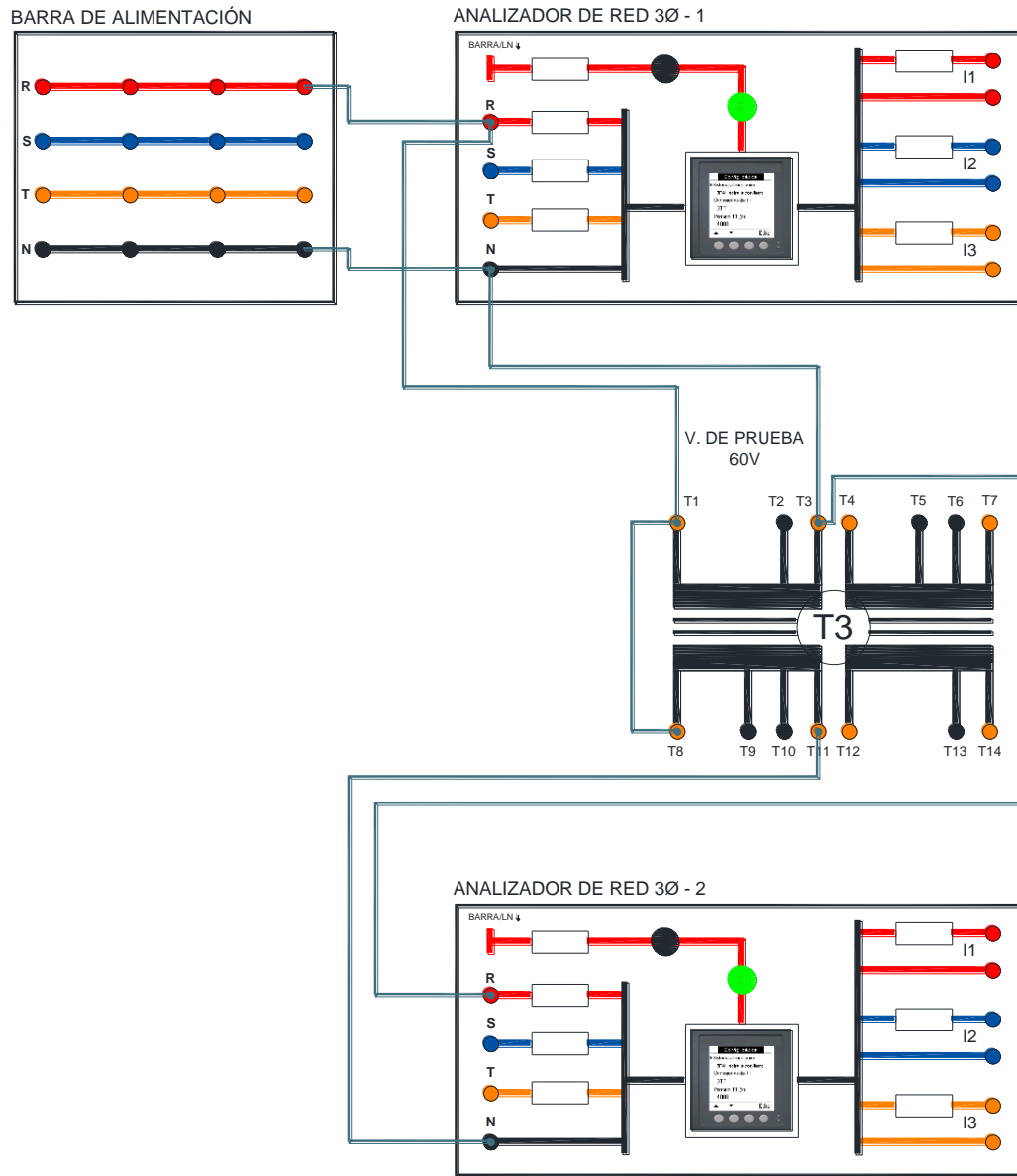


Figura 4.35: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado I Prueba # 2 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T3 - BOBINADO II

Fuente: Los autores

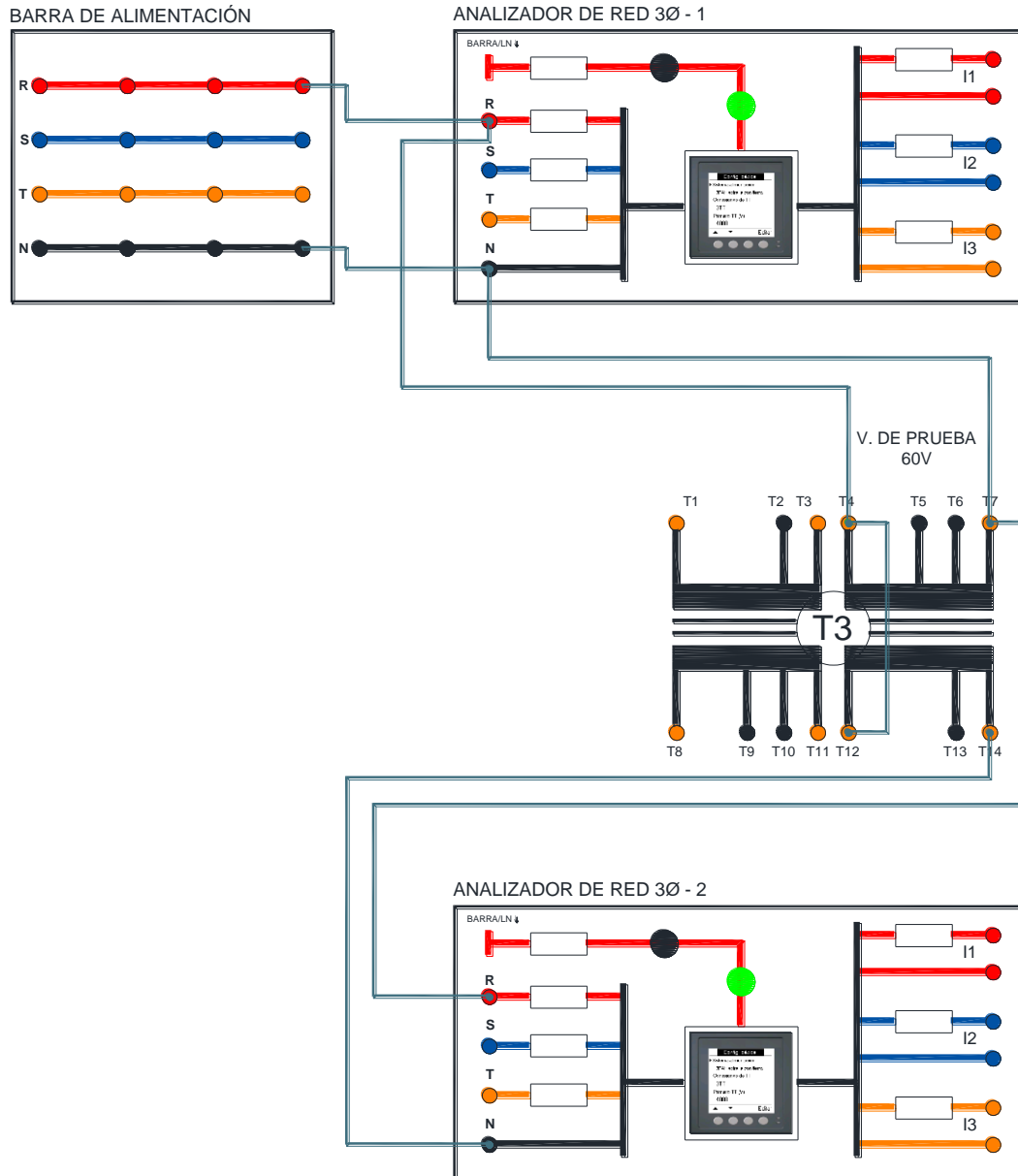


Figura 4.36: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2



## RESULTADOS DE PRUEBAS DE POLARIDAD

<b>TABLA N°.2-A: PRUEBA DE POLARIDAD TRANSFORMADOR T1</b>				
<b>DEVANADO</b>	<b>V. PRUEBA [V]</b>	<b>V. FUENTE [V]</b>	<b>V. MEDIDO [V]</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
<b>I</b>	60	<b>T1 – T3 = 60.86 V</b>	<b>T3 – T11 = 61.80 V</b>	<b>POLARIDAD: SUSTRACTIVA</b>
<b>II</b>	60	<b>T4 – T7 = 61.60 V</b>	<b>T7 – T14 = 61.45 V</b>	<b>POLARIDAD: SUSTRACTIVA</b>

**Tabla 9:** Prueba de polaridad Transformador I

<b>TABLA N°.2-B: PRUEBA DE POLARIDAD TRANSFORMADOR T2</b>				
<b>DEVANADO</b>	<b>V. PRUEBA [V]</b>	<b>V. FUENTE [V]</b>	<b>V. MEDIDO [V]</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
<b>I</b>	60	<b>T1 – T3 = 61.74 V</b>	<b>T3 – T11 = 61.56 V</b>	<b>POLARIDAD: SUSTRACTIVA</b>
<b>II</b>	60	<b>T4 – T7 = 61.79 V</b>	<b>T7 – T14 = 61.60 V</b>	<b>POLARIDAD: SUSTRACTIVA</b>

**Tabla 10:** Prueba de polaridad Transformador II

<b>TABLA N°.2-C: PRUEBA DE POLARIDAD TRANSFORMADOR T3</b>				
<b>DEVANADO</b>	<b>V. PRUEBA [V]</b>	<b>V. FUENTE [V]</b>	<b>V. MEDIDO [V]</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
<b>I</b>	60	<b>T1 – T3 = 61.76 V</b>	<b>T3 – T11 = 185.32 V</b>	<b>POLARIDAD: ADITIVA</b>
<b>II</b>	60	<b>T4 – T7 = 61.77 V</b>	<b>T7 – T14 = 185.16 V</b>	<b>POLARIDAD: ADITIVA</b>

**Tabla 11:** Prueba de polaridad Transformador III

### CONCLUSIONES FINALES:

<b>TRANSFORMADOR</b>	<b>POLARIDAD</b>
<b>T1</b>	SUSTRACTIVA
<b>T2</b>	SUSTRACTIVA
<b>T3</b>	ADITIVA

**Tabla 12:** Polaridad de transformadores

Fuente: Los autores

### T1 - POLARIDAD SUSTRACTIVA

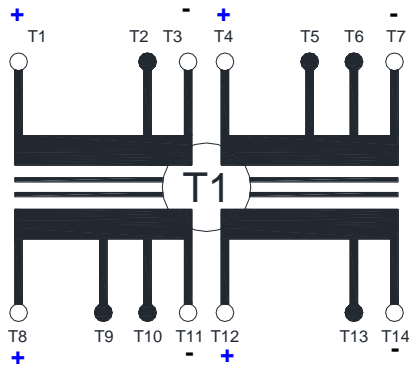


Figura 4.37: Polaridad del Transformador I

Fuente: Los autores

### T2 - POLARIDAD SUSTRACTIVA

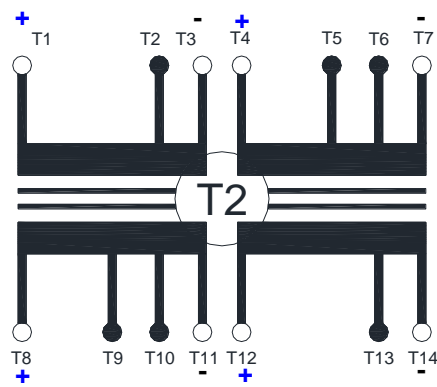


Figura 4.38: Polaridad del Transformador II

Fuente: Los autores

### T3 - POLARIDAD ADITIVA

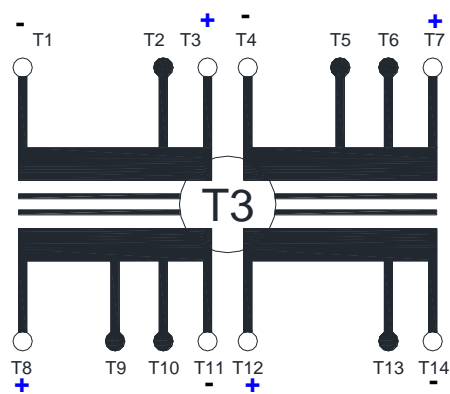


Figura 4.39: Polaridad del Transformador III

# PRUEBA N°3: PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO DEL TRANSFORMADOR VISTO DESDE BAJA TENSIÓN

## DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BOBINADO I

Fuente: Los autores

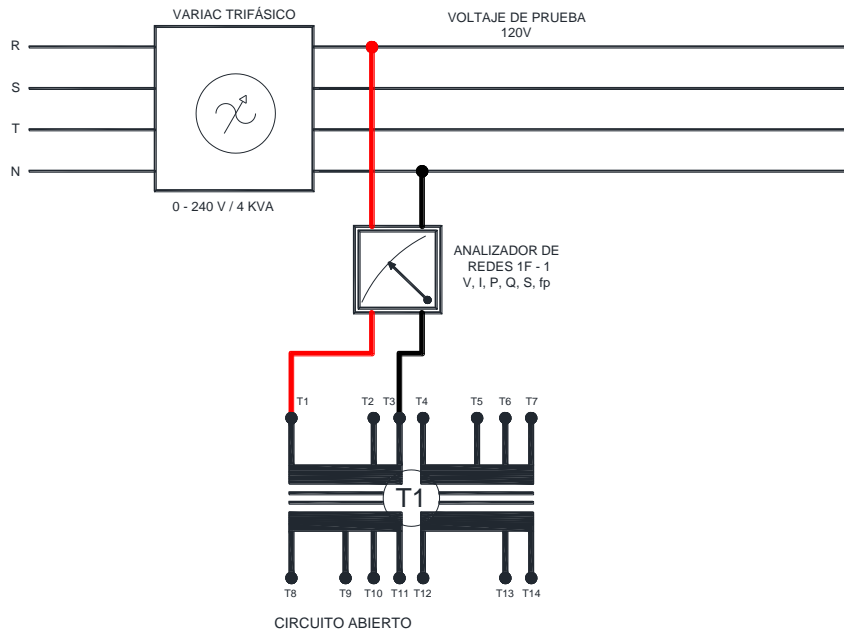


Figura 4.40: Diagrama eléctrico del Bobinado I Prueba # 3 – Práctica # 2

## DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BOBINADO I

Fuente: Los autores

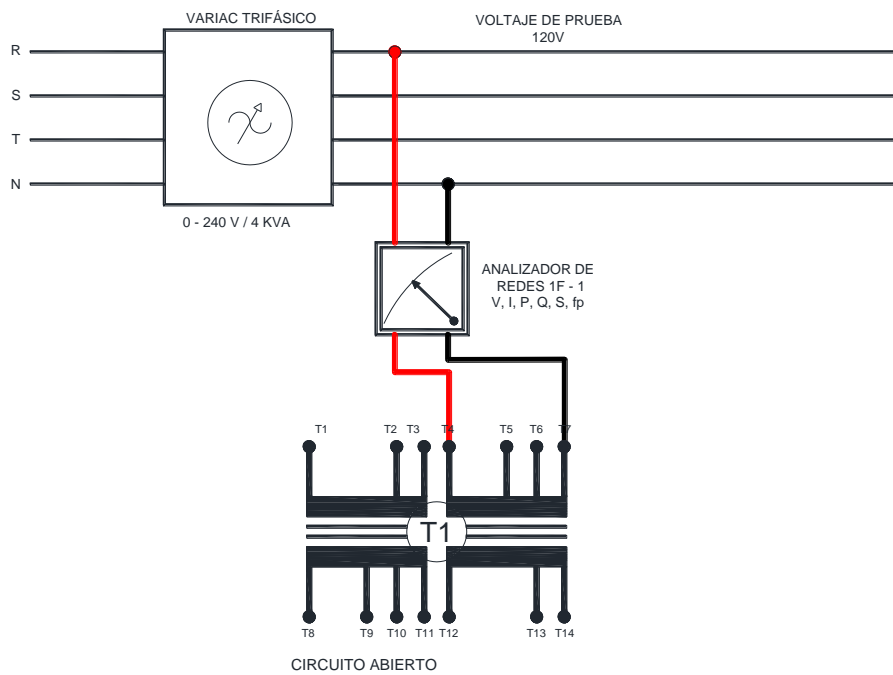


Figura 4.41: Diagrama eléctrico del Bobinado II Prueba # 3 – Práctica # 2

# DIAGRAMA DE CONEXIÓN PRUEBA CIRCUITO ABIERTO VISTO DESDE BAJA TENSIÓN

## TRANSFORMADOR T1 - BOBINADO I

Fuente: Los autores

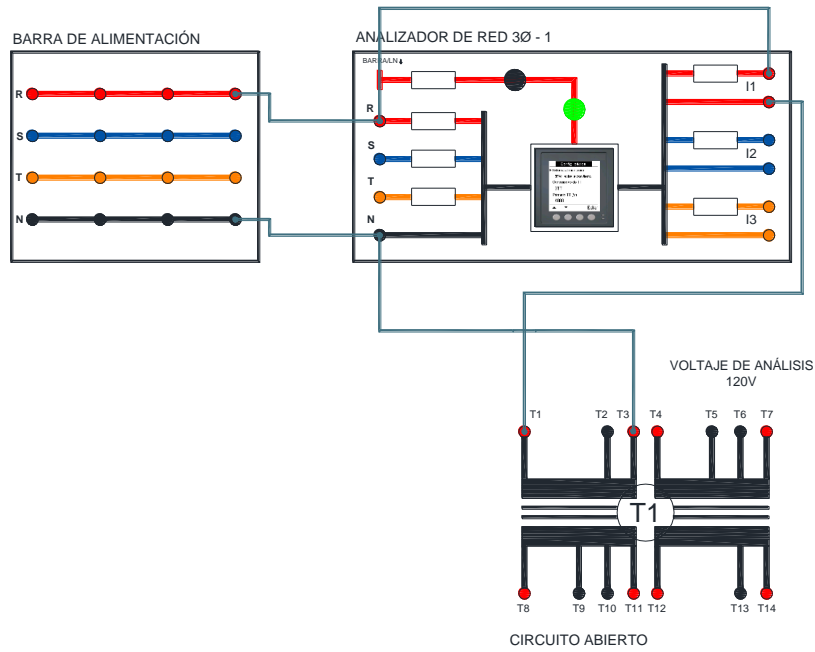


Figura 4.42: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado I Prueba # 3 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T1 - BOBINADO II

Fuente: Los autores

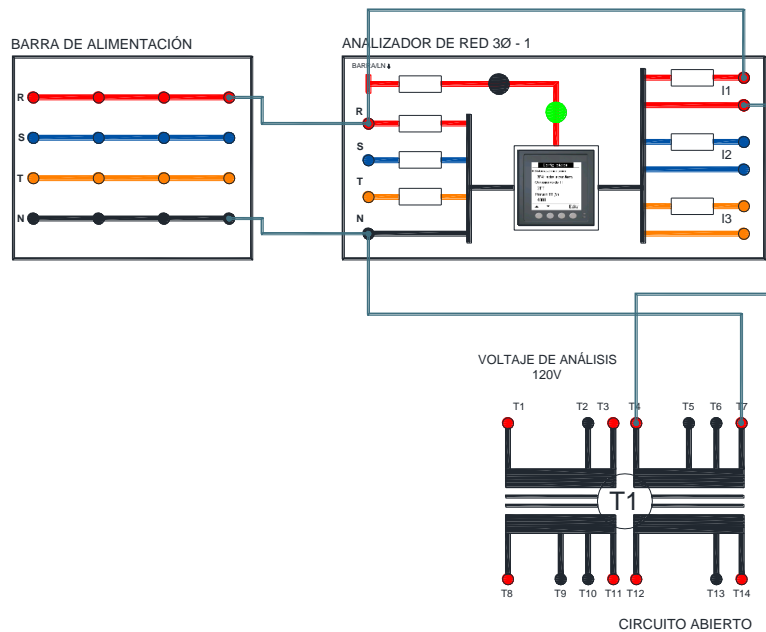


Figura 4.43: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado II Prueba # 2 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T2 – BOBINADO I

Fuente: Los autores

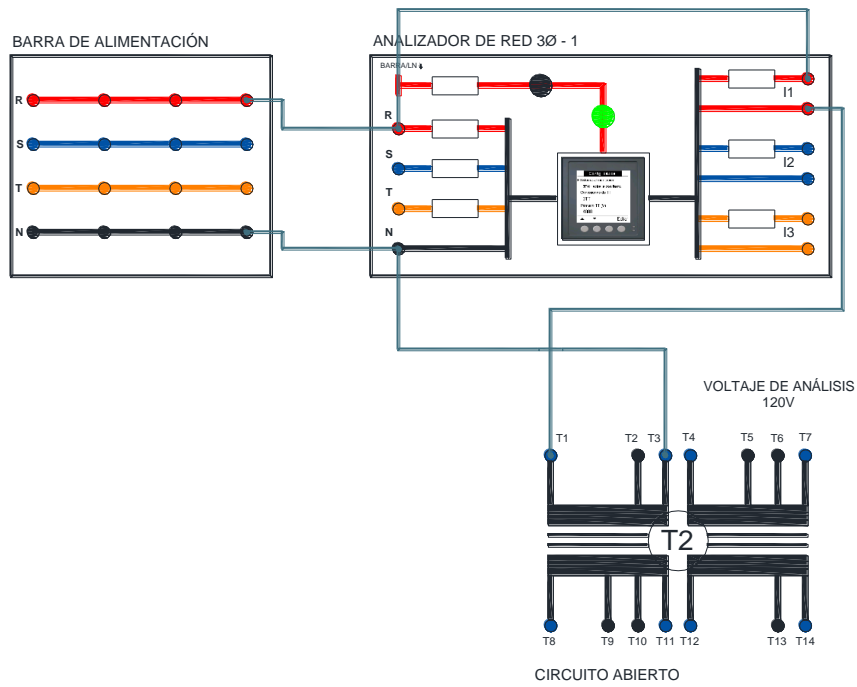


Figura 4.44: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado I Prueba # 3 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T2 – BOBINADO II

Fuente: Los autores

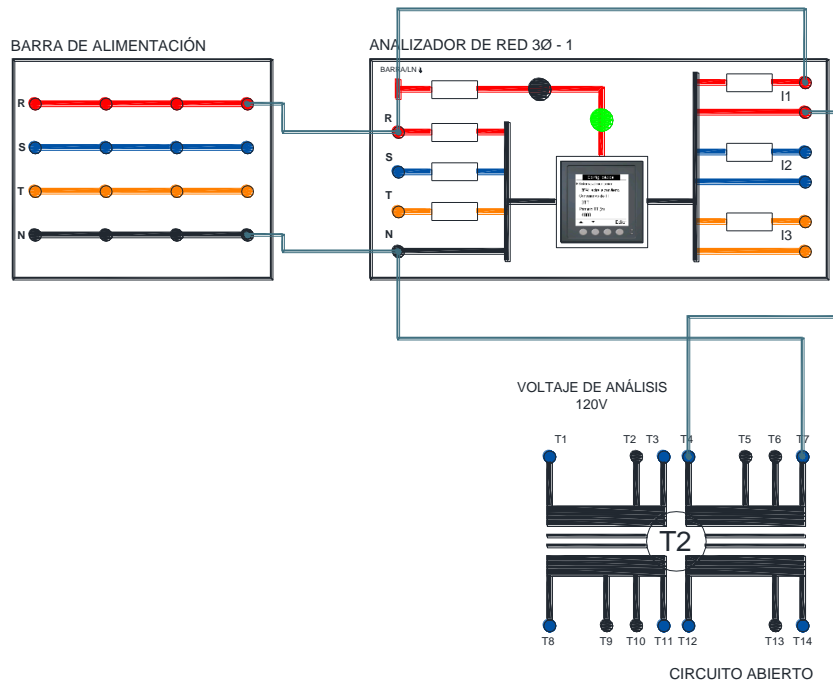


Figura 4.45: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado II Prueba # 3 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T3 – BOBINADO I

Fuente: Los autores

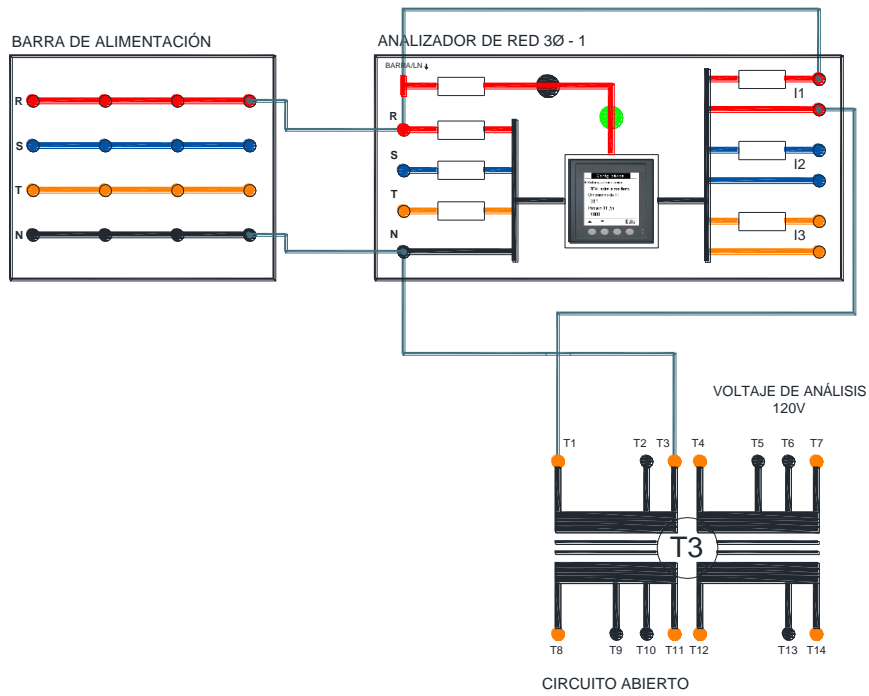


Figura 4.46: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado I Prueba # 3 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T3 – BOBINADO II

Fuente: Los autores

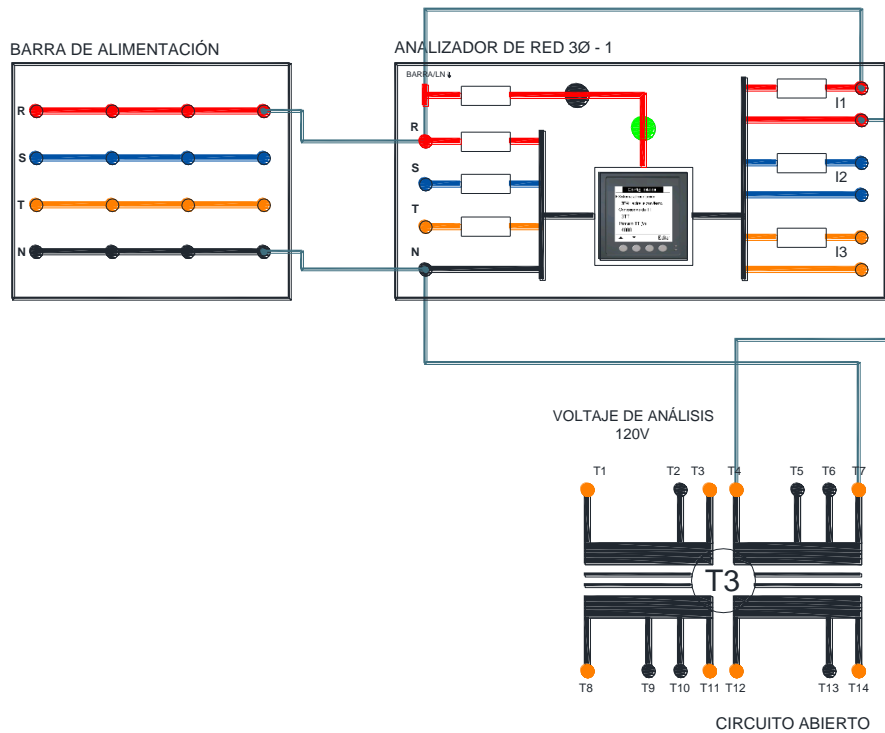


Figura 4.47: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado II Prueba # 3 – Práctica # 2

## RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO VISTO DESDE BAJA TENSIÓN

### VOLTAJE DE ANÁLISIS DE 120V

<b>TABLA No. 3-A: VALORES MEDIDOS DE LA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO VISTO DESDE BT.</b>					
<b>TRAFO</b>	<b>BOBINADO</b>	<b>Vca(V)</b>	<b>Ica(mA)</b>	<b>Pca(w)</b>	<b>Fpca</b>
<b>T1</b>	<b>I</b>	120.13	864.44	24.17	0.23
	<b>II</b>	120.23	888.11	24.62	0.23
<b>T2</b>	<b>I</b>	120.24	939.13	24.87	0.22
	<b>II</b>	119.95	929.6	24.84	0.22
<b>T3</b>	<b>I</b>	120.15	952	24.86	0.21
	<b>II</b>	120.35	953.14	24.86	0.21

**Tabla 13:** Prueba de circuito abierto

### CÁLCULO DE IMPEDANCIA Y ADMITANCIA DE CIRCUITO ABIERTO:

<b>TABLA No. 3-B: VALORES CALCULADOS DE LA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO VISTO DESDE BT.</b>					
<b>TRAFO</b>	<b>BOBINADO</b>	<b>Z ex</b>		<b>Y ex</b>	
		<b>Rex</b>	<b>jXex</b>	<b>Gn</b>	<b>jbm</b>
<b>T1</b>	<b>I</b>	598.80	143.06	0.00167	0.00699
	<b>II</b>	587.16	139.14	0.00170	0.00718
<b>T2</b>	<b>I</b>	581.36	131.27	0.00172	0.00761
	<b>II</b>	579.24	132.45	0.00172	0.00755
<b>T3</b>	<b>I</b>	580.72	129.29	0.00172	0.00773
	<b>II</b>	582.64	129.36	0.00171	0.00773

**Tabla 14:** Impedancias y admitancias de excitación de transformadores visto de BT

<b>TABLA No. 3-C: VALORES CALCULADOS DE LA PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO VISTO DESDE AT.</b>					
<b>TRAFO</b>	<b>BOBINADO</b>	<b>Z ex</b>		<b>Y ex</b>	
		<b>Rex</b>	<b>jXex</b>	<b>Gn</b>	<b>jbm</b>
<b>T1</b>	<b>I</b>	2395.2	572.4	0.00668	0.02796
	<b>II</b>	2348.64	556.5	0.0068	0.02872
<b>T2</b>	<b>I</b>	2325.44	525.08	0.00688	0.03044
	<b>II</b>	2316.96	529.8	0.00688	0.0302
<b>T3</b>	<b>I</b>	2322.88	517.1	0.00688	0.03092
	<b>II</b>	2330.56	517.4	0.00684	0.03092

**Tabla 15:** Impedancias y admitancias de excitación de transformadores visto de AT

# PRUEBA N°4: PRUEBA DE CORTO CIRCUITO DEL TRANSFORMADOR VISTO DESDE BAJA TENSIÓN

## DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BOBINADO I

Fuente: Los autores

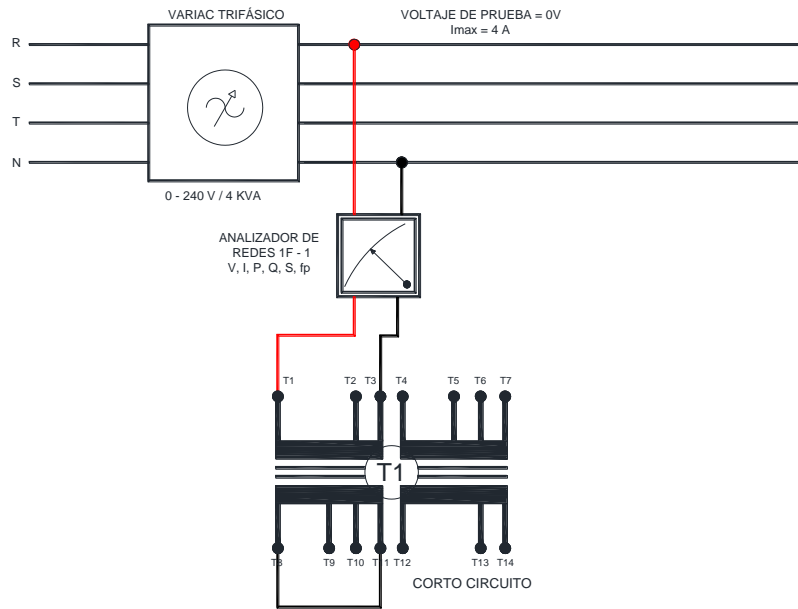


Figura 4.48: Diagrama eléctrico del Bobinado I Prueba # 4 – Práctica # 2

## DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BOBINADO II

Fuente: Los autores

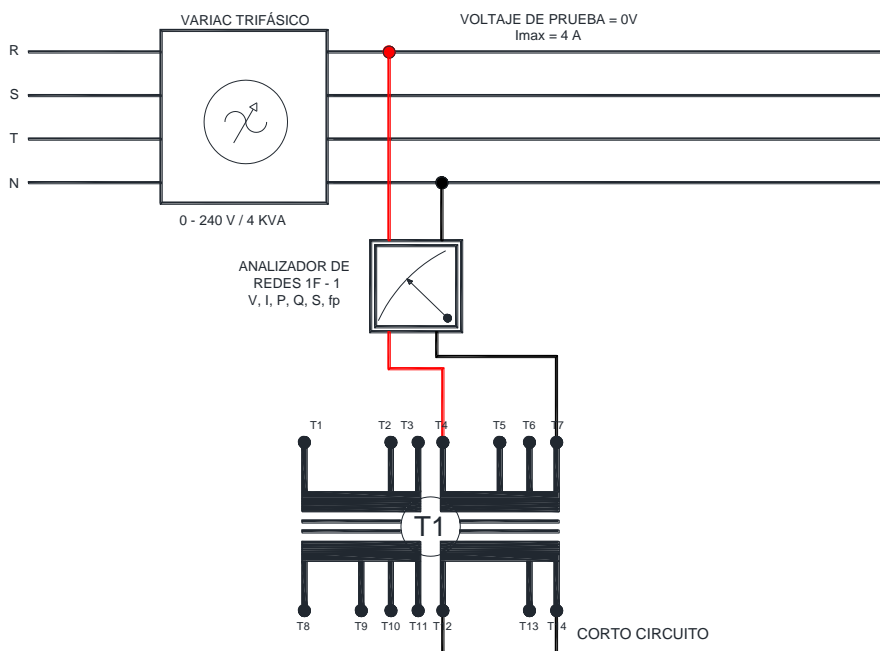


Figura 4.49: Diagrama eléctrico del Bobinado II Prueba # 4 – Práctica # 2



# DIAGRAMA DE CONEXIÓN PRUEBA CORTO CIRCUITO VISTO DESDE BAJA TENSIÓN

## TRANSFORMADOR T1 – BOBINADO I

Fuente: Los autores

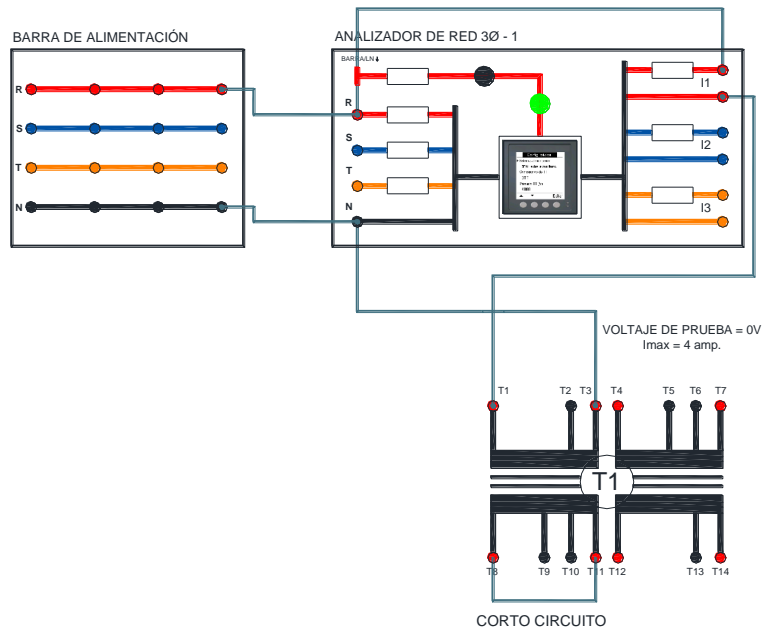


Figura 4.50: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado I Prueba # 4 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T1 – BOBINADO II

Fuente: Los autores

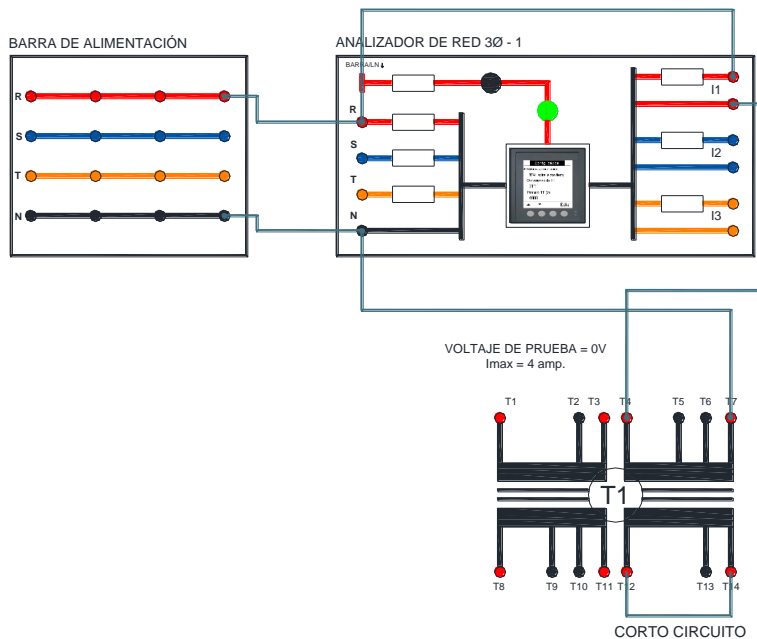


Figura 4.51: Diagrama de conexión Transformador I Bobinado II Prueba # 4 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T2 – BOBINADO I

Fuente: Los autores

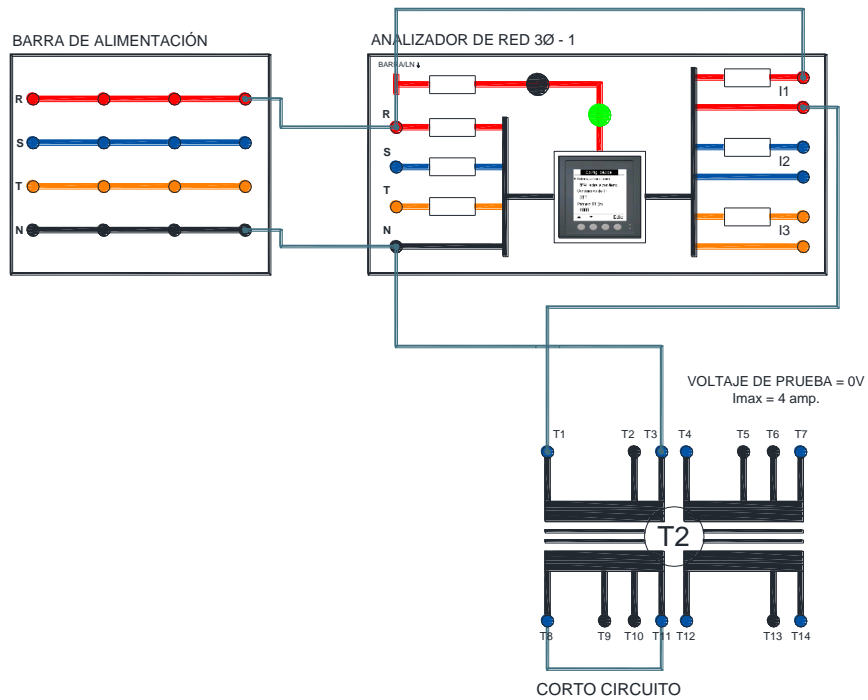


Figura 4.52: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado I Prueba # 4 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T2 –BOBINADO II

Fuente: Los autores

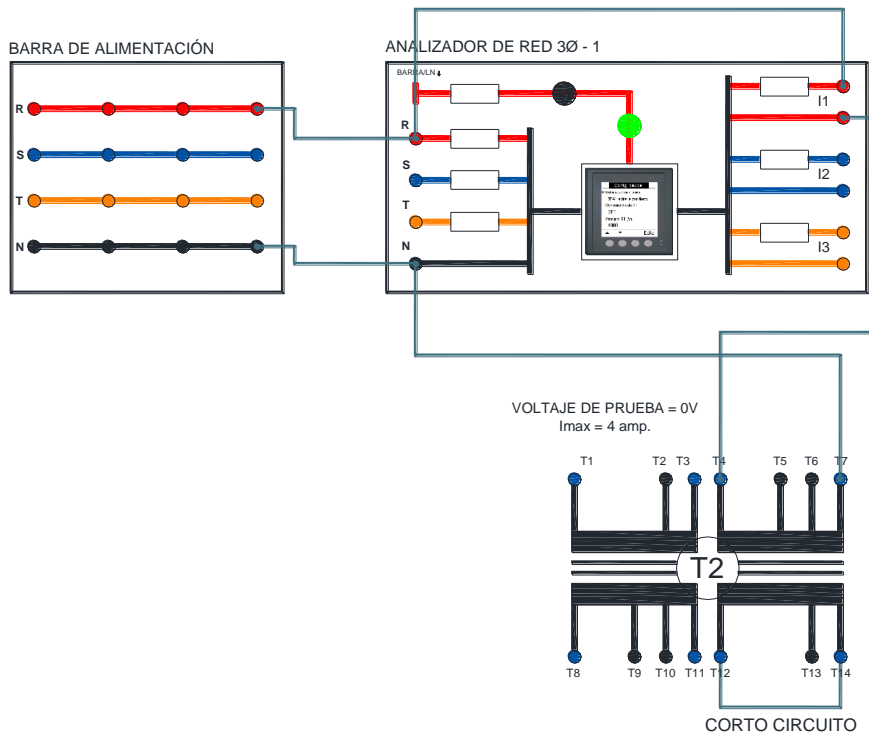


Figura 4.53: Diagrama de conexión Transformador II Bobinado II Prueba # 4 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T3 – BOBINADO I

Fuente: Los autores

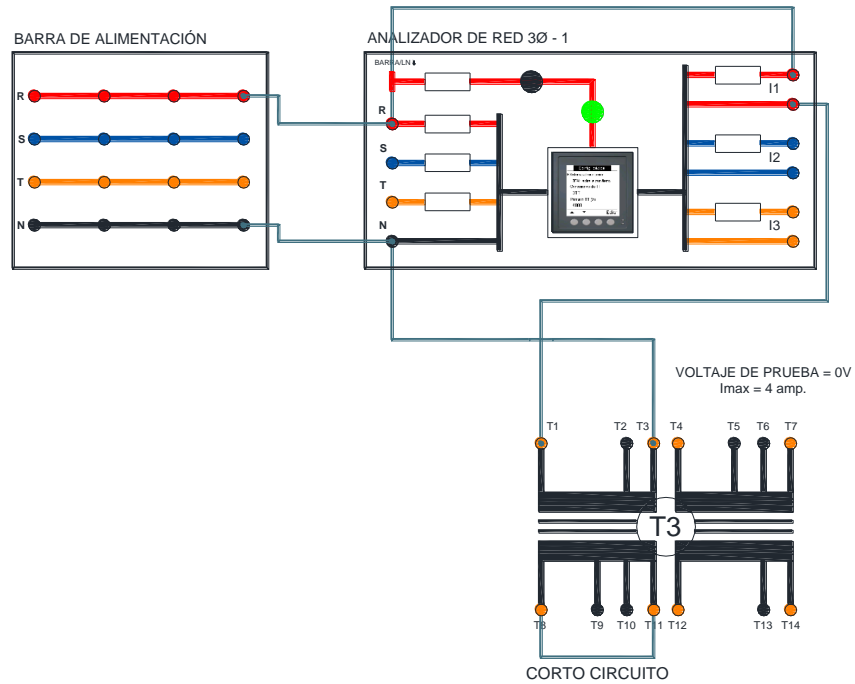


Figura 4.54: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado I Prueba # 4 – Práctica # 2

## TRANSFORMADOR T3 – BOBINADO II

Fuente: Los autores

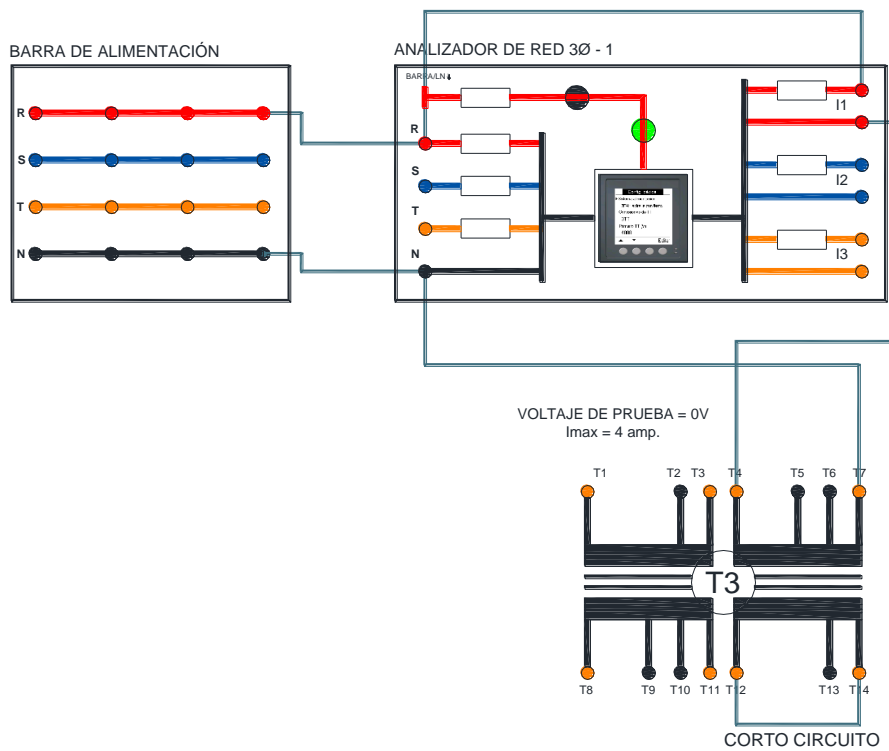


Figura 4.55: Diagrama de conexión Transformador III Bobinado II Prueba # 4 – Práctica # 2

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CORTO CIRCUITO VISTO DESDE BAJA  
TENSIÓN**

**VOLTAJE DE PRUEBA 0V – I MÁXIMA 4 A**

<b>TABLA No.4-A: VALORES MEDIDOS DE LA PRUEBA CORTO CIRCUITO VISTO DESDE BT.</b>					
<b>TRAFO</b>	<b>DEVANADO</b>	<b>Vcc(V)</b>	<b>Icc(A)</b>	<b>Pcc(w)</b>	<b>Fpcc</b>
<b>T1</b>	<b>I</b>	5.23	4.02	20	0.98
	<b>II</b>	5.1	4.06	20	1
<b>T2</b>	<b>I</b>	5.2	4.13	21	0.99
	<b>II</b>	5.2	4.14	21	0.99
<b>T3</b>	<b>I</b>	5.2	4.21	21	0.99
	<b>II</b>	5.2	3.68	19	1

**Tabla 16:** Prueba de corto circuito de los transformadores

**CÁLCULO DE IMPEDANCIA DE CORTO CIRCUITO:**

<b>TABLA No.4-B: VALORES CALCULADOS DE LA PRUEBA CORTO CIRCUITO VISTO DESDE BT.</b>			
<b>TRAFO</b>	<b>DEVANADO</b>	<b>Zeq</b>	
		<b>Req</b>	<b>jXeq</b>
<b>T1</b>	<b>I</b>	1.07	0.28
	<b>II</b>	1.07	0.28
<b>T2</b>	<b>I</b>	1.23	0.26
	<b>II</b>	1.22	0.27
<b>T3</b>	<b>I</b>	1.18	0.35
	<b>II</b>	1.40	0.17

**Tabla 17:** Impedancia equivalentes del transformador visto desde BT

<b>TABLA No.4-C: VALORES CALCULADOS DE LA PRUEBA CORTO CIRCUITO VISTO DESDE AT.</b>			
<b>TRAFO</b>	<b>DEVANADO</b>	<b>Zeq</b>	
		<b>Req</b>	<b>jXeq</b>
<b>T1</b>	<b>I</b>	2.14	0.56
	<b>II</b>	2.14	0.56
<b>T2</b>	<b>I</b>	2.46	0.52
	<b>II</b>	2.44	0.54
<b>T3</b>	<b>I</b>	2.36	0.7
	<b>II</b>	2.8	0.34

**Tabla 18:** Impedancia equivalentes del transformador visto desde AT

**CÁLCULOS DE LAS IMPEDANCIAS DEL NÚCLEO E IMPEDANCIAS DEL TRANSFORMADOR I DEVANADO I**

$$Y_{ex} = \frac{I_{ca}}{V_{ca}} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{P_{ca}}{V_{ca} \cdot I_{ca}}\right)$$

$$Y_{ex} = \frac{0.864}{120.23} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{24.17}{(120.23)(0.864)}\right)$$

$$Y_{ex} = 1.67 \times 10^{-3} - j6.99 \times 10^{-3}$$

$$G_n = 1.67 \times 10^{-3}, B_m = 6.99 \times 10^{-3}$$

$$R_{ex} = (1.67 \times 10^{-3})^{-1} = 598.80 \Omega / BT$$

$$R_{ex} = 598.80 \Omega \times a^2 = 2395.2 / AT$$

$$X_{ex} = (6.99 \times 10^{-3})^{-1} = 143.06 \Omega / BT$$

$$X_{ex} = 143.06 \Omega \times a^2 = 572.24 / AT$$

$$I_{hf + e} = \frac{V_1}{R_{ex}}$$

$$I_m = \frac{V_1}{X_{ex}}$$

$$I_{hf + e} = \frac{120.23 \angle 0^\circ}{598.80 \angle 0^\circ}$$

$$I_m = \frac{120.23 \angle 0^\circ}{143.06 \angle 90^\circ}$$

$$I_{hf + e} = 0.20 \angle 0^\circ A / BT$$

$$I_m = 0.84 \angle -90^\circ A / BT$$

$$I_{hf + e} = \frac{(0.20 \angle 0^\circ)}{a} = \frac{(0.20 \angle 0^\circ)}{2} =$$

$$I_m = \frac{0.84 \angle -90^\circ}{a} = \frac{0.84 \angle -90^\circ}{2} =$$

$$i_{hf + e} = 0.10 \angle 0^\circ A / AT$$

$$I_m = 0.42 \angle -90^\circ A / AT$$

$$I_o = I_{hf + e} + I_m$$

$$I_o = 0.86 \angle -76.60^\circ A = I_{ca} / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{V_{CC}}{I_{CC}} \angle \cos^{-1}\left(\frac{P_{CC}}{V_{CC} \cdot I_{CC}}\right)$$

$$R_1 = \frac{1.24}{2} \Omega = R_2 = 0.62 / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{5.23}{4.02} \angle \cos^{-1}\left(\frac{20}{(5.23)(4.02)}\right)$$

$$X_1 = \frac{0.40}{2} \Omega = X_2 = 0.20 / BT$$

$$Z_{eq} = (1.24 + j0.40) \Omega / BT$$

$$R_1 = 0.62 \times 4 = 2.48 = R_2 / AT$$

$$R_{eq} = 1.24 \Omega, X_{eq} = 0.40 \Omega$$

$$X_1 = 0.20 \times 4 = 0.8 = X_2 / AT$$

### MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T1 DEVANADO I

Fuente: Los autores

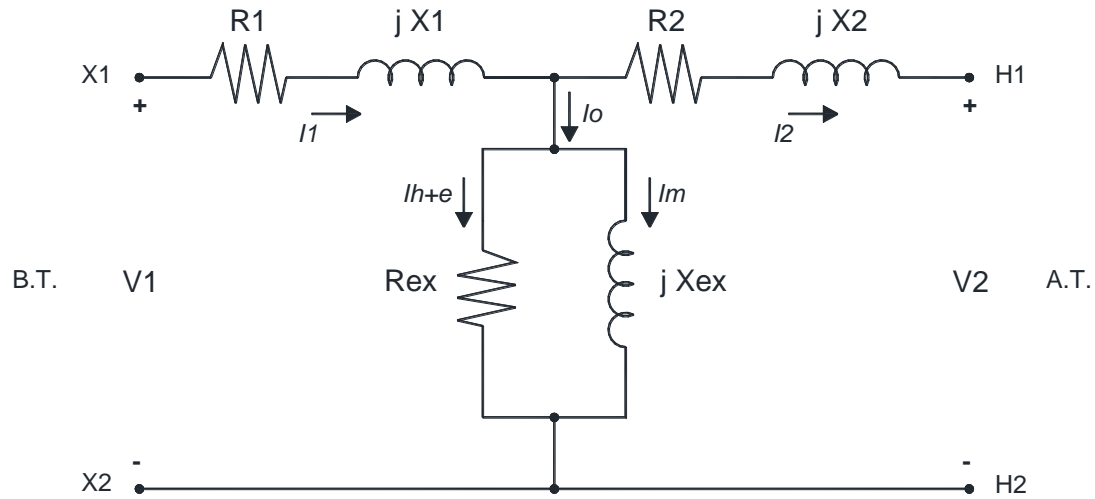


Figura 4.56: Modelo real Transformador I – Devanado I

Visto desde BT	
<b>Ica(mA)</b>	864.64
<b>Vca(V)</b>	120.23
<b>Pca(W)</b>	24.13
<b>Qca(VAR)</b>	101.02
<b>Fpca</b>	0,23

Visto desde BT	
<b>Vcc(V)</b>	5.23
<b>Icc(A)</b>	4.02
<b>Pcc(W)</b>	20
<b>QCC(VAR)</b>	20
<b>Fpcc</b>	0.98

TABLA No.5-A: VALORES DEL MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T1 DEVANADO II

VARIABLE	$a = \frac{N1}{N2}$	R1 ( )	JX1 ( )	R2 ( )	jX2 ( )	Rex	jXex	Io	Ih+e	Im
<b>VISTO DESDE BT / 120 V</b>	2	0.62	0.20	0.62	0.20	598.80	143.06	0.86	0.20	0.84
<b>VISTO DESDE AT / 240 V</b>	1/2	2.48	0.8	2.48	0.8	2395.2	572.24	0.43	0.10	0.42

Tabla 19: Valores del modelo real del Transformador I – Devanado I

**CÁLCULOS DE LAS IMPEDANCIAS DEL NÚCLEO E IMPEDANCIAS DEL  
TRANSFORMADOR I DEVANADO II**

$$Y_{ex} = \frac{I_{CA}}{V_{CA}} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{P_{ca}}{V_{ca} \cdot I_{ca}}\right)$$

$$Y_{ex} = \frac{0.888}{120.23} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{24.62}{(120.23)(0.888)}\right)$$

$$Y_{ex} = 1.7031 \times 10^{-3} - j7.1867 \times 10^{-3}$$

$$G_n = 1.7031 \times 10^{-3}, B_m = 7.1867 \times 10^{-3}$$

$$R_{ex} = (1.7031 \times 10^{-3})^{-1} = 587.16 \Omega / BT$$

$$R_{ex} = 587.16 \Omega \times a^2 = 2348.64 / AT$$

$$X_{ex} = (7.1867 \times 10^{-3})^{-1} = 139.14 \Omega / BT$$

$$X_{ex} = 139.14 \Omega \times a^2 = 556.56 / AT$$

$$I_{hf} + e = \frac{V_1}{R_{ex}}$$

$$I_m = \frac{V_1}{X_{ex}}$$

$$I_{hf} + e = \frac{120.23 \angle 0^\circ}{587.16 \angle 0^\circ}$$

$$I_m = \frac{120.23 \angle 0^\circ}{139.14 \angle 90^\circ}$$

$$I_{hf} + e = 0.20 \angle 0^\circ A / BT$$

$$I_m = 0.86 \angle -90^\circ A / BT$$

$$I_{hf} + e = \frac{(0.20 \angle 0^\circ)}{a} = \frac{(0.20 \angle 0^\circ)}{2} =$$

$$I_m = \frac{0.86 \angle -90^\circ}{a} = \frac{0.86 \angle -90^\circ}{2} =$$

$$i_{hf} + e = 0.10 \angle 0^\circ A / AT$$

$$I_m = 0.43 \angle -90^\circ A / AT$$

$$I_o = I_{hf} + e + I_m$$

$$I_o = 0.882 \angle -76.90^\circ A = I_{ca} / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{V_{CC}}{I_{CC}} \angle \cos^{-1}\left(\frac{P_{CC}}{V_{CC} \cdot I_{CC}}\right)$$

$$R_1 = \frac{1.07}{2} \Omega = R_2 = 0.535 / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{5.1}{4.06} \angle \cos^{-1}\left(\frac{20}{(5.1)(4.06)}\right)$$

$$X_1 = \frac{0.28}{2} \Omega = X_2 = 0.14 / BT$$

$$Z_{eq} = (1.07 + j0.28) \Omega / BT$$

$$R_1 = 0.535 \times 4 = 2.14 = R_2 / AT$$

$$R_{eq} = 1.07 \Omega, X_{eq} = 0.28 \Omega$$

$$X_1 = 0.14 \times 4 = 0.56 = X_2 / AT$$

### MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T1 DEVANADO II

Fuente: Los autores

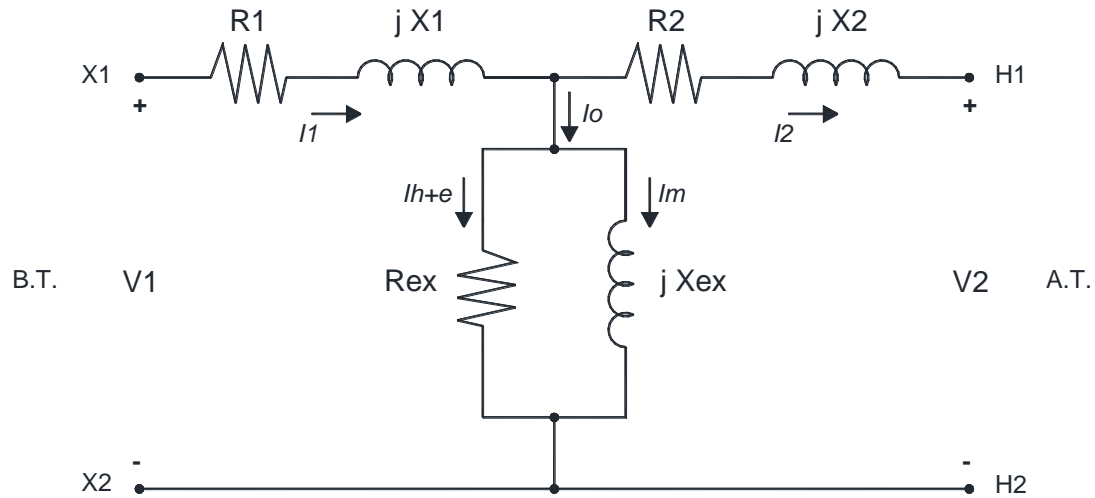


Figura 4.57: Modelo real Transformador I – Devanado II

Visto desde BT	
<b>Ica(mA)</b>	888.11
<b>Vca(V)</b>	120.23
<b>Pca(W)</b>	24.62
<b>Qca(VAR)</b>	103.82
<b>Fpca</b>	0.23

Visto desde BT	
<b>Vcc(V)</b>	5.1
<b>Icc(A)</b>	4.06
<b>Pcc(W)</b>	20
<b>QCC(VAR)</b>	20
<b>Fpcc</b>	1

TABLA No.5-B: VALORES DEL MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T1 DEVANADO II

VARIABLE	$a = \frac{N1}{N2}$	R1 ( )	JX1 ( )	R2 ( )	jX2 ( )	Rex	jXex	Io	Ih+e	Im
<b>VISTO DESDE BT / 120 V</b>	2	0.53	0.14	0.53	0.14	587.16	139.14	0.44	0.20	0.86
<b>VISTO DESDE AT / 240 V</b>	1/2	2.14	0.56	2.14	0.56	2348.64	556.56	0.22	0.10	0.43

Tabla 20: Valores del modelo real del Transformador I – Devanado II



**CÁLCULOS DE LAS IMPEDANCIAS DEL NÚCLEO E IMPEDANCIAS DEL TRANSFORMADOR II DEVANADO I**

$$Y_{ex} = \frac{ICA}{VCA} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{Pca}{Vca \cdot Ica}\right)$$

$$Y_{ex} = \frac{0.939}{120.24} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{24.87}{(120.24)(0.939)}\right)$$

$$Y_{ex} = 1.7201 \times 10^{-3} - j7.6175 \times 10^{-3}$$

$$G_n = 1.7201 \times 10^{-3}, B_m = 7.6175 \times 10^{-3}$$

$$R_{ex} = (1.7201 \times 10^{-3})^{-1} = 581.36 \Omega / BT$$

$$R_{ex} = 581.36 \Omega \times a^2 = 2325.44 / AT$$

$$X_{ex} = (7.6175 \times 10^{-3})^{-1} = 131.27 \Omega / BT$$

$$X_{ex} = 131.27 \Omega \times a^2 = 525.08 / AT$$

$$I_{hf + e} = \frac{V_1}{R_{ex}}$$

$$I_m = \frac{V_1}{X_{ex}}$$

$$I_{hf + e} = \frac{120.23 \angle 0^\circ}{581.36 \angle 0^\circ}$$

$$I_m = \frac{120.23 \angle 0^\circ}{131.27 \angle 90^\circ}$$

$$I_{hf + e} = 0.20 \angle 0^\circ A / BT$$

$$I_m = 0.91 \angle -90^\circ A / BT$$

$$I_{hf + e} = \frac{(0.20 \angle 0^\circ)}{a} = \frac{(0.20 \angle 0^\circ)}{2} =$$

$$I_m = \frac{0.91 \angle -90^\circ}{a} = \frac{0.91 \angle -90^\circ}{2} =$$

$$i_{hf + e} = 0.10 \angle 0^\circ A / AT$$

$$I_m = 0.46 \angle -90^\circ A / AT$$

$$I_o = I_{hf + e} + I_m$$

$$I_o = 0.93 \angle -77.60^\circ A = I_{ca} / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{VCC}{ICC} \angle \cos^{-1}\left(\frac{PCC}{VCC \cdot ICC}\right)$$

$$R_1 = \frac{1.23}{2} \Omega = R_2 = 0.615 / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{5.2}{4.13} \angle \cos^{-1}\left(\frac{21}{(5.2)(4.13)}\right)$$

$$X_1 = \frac{0.26}{2} \Omega = X_2 = 0.13 / BT$$

$$Z_{eq} = (1.23 + j0.26) \Omega / BT$$

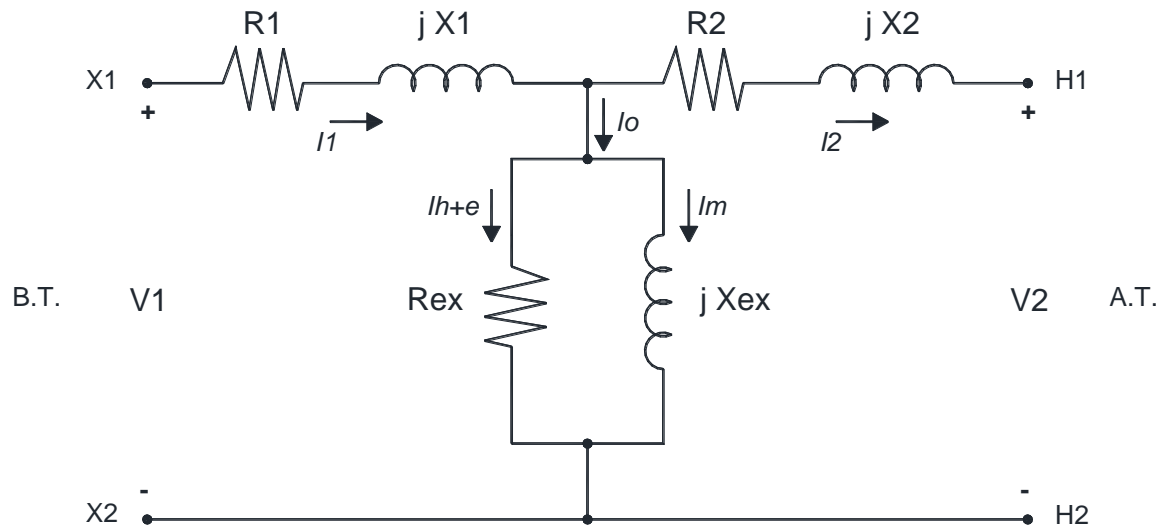
$$R_1 = 0.615 \times 4 = 2.46 = R_2 / AT$$

$$R_{eq} = 1.23 \Omega, X_{eq} = 0.26 \Omega$$

$$X_1 = 0.13 \times 4 = 0.52 = X_2 / AT$$

### MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T2 DEVANADO I

Fuente: Los autores



Visto desde BT	
Ica(mA)	939.13
Vca(V)	120.24
Pca(W)	24.87
Qca(VAR)	110
Fpca	0.22

Visto desde BT	
Vcc(V)	5.2
Icc(A)	4.13
Pcc(W)	21
QCC(VAR)	21
Fpcc	0.99

Figura 4.58: Modelo real Transformador II – Devanado I

TABLA No.5-C: VALORES DEL MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T2 DEVANADO I										
VARIABLE	$a = \frac{N1}{N2}$	R1 (Ω)	jX1 (Ω)	R2 (Ω)	jX2 (Ω)	Rex	jXex	Io	Ih+e	Im
VISTO DESDE BT / 120 V	2	0.615	0.13	0.615	0.13	581.36	131.27	0.471	0.20	0.91
VISTO DESDE AT / 240 V	1/2	2.46	0.52	2.46	0.52	2325.44	525.08	0.235	0.10	0.46

Tabla 21: Valores del modelo real del Transformador II – Devanado I

**CÁLCULOS DE LAS IMPEDANCIAS DEL NÚCLEO E IMPEDANCIAS DEL TRANSFORMADOR II DEVANADO II**

$$Y_{ex} = \frac{I_{ca}}{V_{ca}} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{P_{ca}}{V_{ca} \cdot I_{ca}}\right)$$

$$Y_{ex} = \frac{0.952}{120.15} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{24.86}{(120.15)(0.952)}\right)$$

$$Y_{ex} = 1.7220 \times 10^{-3} - j7.7340 \times 10^{-3}$$

$$G_n = 1.7220 \times 10^{-3}, B_m = 7.7340 \times 10^{-3}$$

$$R_{ex} = (1.7220 \times 10^{-3})^{-1} = 580.72 \Omega / BT$$

$$R_{ex} = 580.72 \Omega \times a^2 = 2322.88 / AT$$

$$X_{ex} = (7.7340 \times 10^{-3})^{-1} = 129.29 \Omega / BT$$

$$X_{ex} = 129.29 \Omega \times a^2 = 517.16 / AT$$

$$I_{hf + e} = \frac{V_1}{R_{ex}}$$

$$I_m = \frac{V_1}{X_{ex}}$$

$$I_{hf + e} = \frac{120.15 \angle 0^\circ}{580.72 \angle 0^\circ}$$

$$I_m = \frac{120.15 \angle 0^\circ}{129.29 \angle 90^\circ}$$

$$I_{hf + e} = 0.21 \angle 0^\circ A / BT$$

$$I_m = 0.93 \angle -90^\circ A / BT$$

$$I_{hf + e} = \frac{(0.21 \angle 0^\circ)}{a} = \frac{(0.21 \angle 0^\circ)}{2} =$$

$$I_m = \frac{0.93 \angle -90^\circ}{a} = \frac{0.93 \angle -90^\circ}{2} =$$

$$i_{hf + e} = 0.105 \angle 0^\circ A / AT$$

$$I_m = 0.465 \angle -90^\circ A / AT$$

$$I_o = I_{hf + e} + I_m$$

$$I_o = 0.953 \angle -77.27^\circ A = I_{ca} / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{V_{CC}}{I_{CC}} \angle \cos^{-1}\left(\frac{P_{CC}}{V_{CC} \cdot I_{CC}}\right)$$

$$R_1 = \frac{1.18}{2} \Omega = R_2 = 0.59 / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{5.2}{4.21} \angle \cos^{-1}\left(\frac{21}{(5.2)(4.21)}\right)$$

$$X_1 = \frac{0.35}{2} \Omega = X_2 = 0.175 / BT$$

$$Z_{eq} = (1.18 + j0.35) \Omega / BT$$

$$R_1 = 0.59 \times 4 = 2.36 = R_2 / AT$$

$$R_{eq} = 1.18 \Omega, X_{eq} = 0.35 \Omega$$

$$X_1 = 0.175 \times 4 = 0.7 = X_2 / AT$$

### MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T2 DEVANADO II

Fuente: Los autores

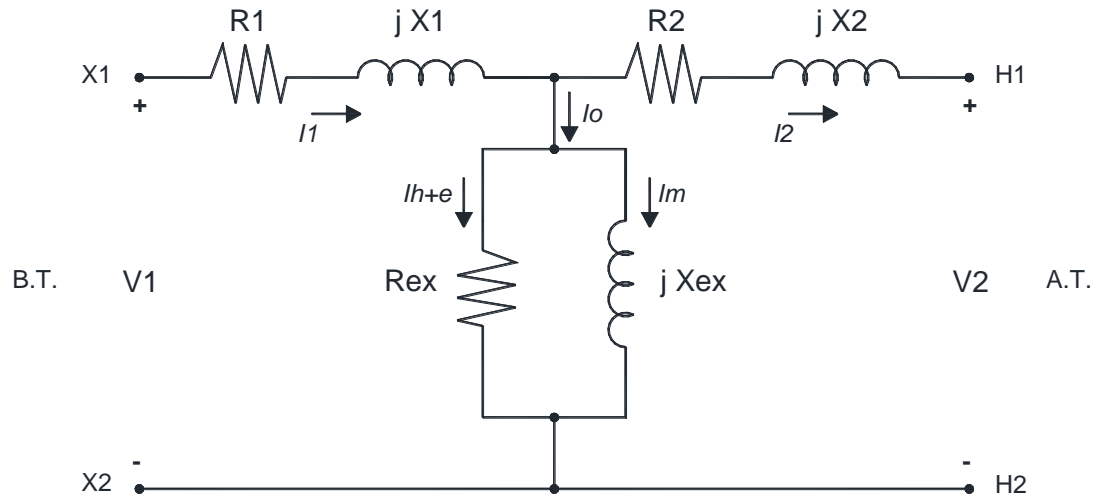


Figura 4.59: Modelo real Transformador II – Devanado II

Visto desde BT	
Ica(mA)	929.6
Vca(V)	119.95
Pca(W)	24.84
Qca(VAR)	109.71
Fpca	0.22

Visto desde AT	
Vcc(V)	5.2
Icc(A)	4.14
Pcc(W)	21
QCC(VAR)	21
Fpcc	0.99

TABLA No.5-D: VALORES DEL MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T2 DEVANADO II

VARIABLE	$a = \frac{N1}{N2}$	R1 (Ω)	JX1 (Ω)	R2 (Ω)	jX2 (Ω)	Rex	jXex	I <sub>0</sub>	I <sub>h+e</sub>	I <sub>m</sub>
VISTO DESDE BT / 120 V	2	0.61	0.14	0.61	0.14	579.24	132.425	0.466	0.21	0.91
VISTO DESDE AT / 240 V	1/2	2.44	0.54	2.44	0.54	2316.96	529.6	0.233	0.105	0.455

Tabla 22: Valores del modelo real del Transformador II – Devanado II

**CÁLCULOS DE LAS IMPEDANCIAS DEL NÚCLEO E IMPEDANCIAS DEL TRANSFORMADOR III DEVANADO I**

$$Y_{ex} = \frac{ICA}{VCA} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{Pca}{Vca \cdot Ica}\right)$$

$$Y_{ex} = \frac{0.953}{120.35} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{24.86}{(120.35)(0.953)}\right)$$

$$Y_{ex} = 1.7163 \times 10^{-3} - j7.7303 \times 10^{-3}$$

$$G_n = 1.716 \times 10^{-3}, B_m = 7.7303 \times 10^{-3}$$

$$R_{ex} = (1.7163 \times 10^{-3})^{-1} = 582.64 \Omega / BT$$

$$R_{ex} = 582.64 \Omega \times a^2 = 2330.56 / AT$$

$$X_{ex} = (7.7303 \times 10^{-3})^{-1} = 129.36 \Omega / BT$$

$$X_{ex} = 129.36 \Omega \times a^2 = 517.44 / AT$$

$$I_{hf + e} = \frac{V_1}{R_{ex}}$$

$$I_m = \frac{V_1}{X_{ex}}$$

$$I_{hf + e} = \frac{120.35 \angle 0^\circ}{582.64 \angle 0^\circ}$$

$$I_m = \frac{120.35 \angle 0^\circ}{129.36 \angle 90^\circ}$$

$$I_{hf + e} = 0.21 \angle 0^\circ A / BT$$

$$I_m = 0.93 \angle -90^\circ A / BT$$

$$I_{hf + e} = \frac{(0.21 \angle 0^\circ)}{a} = \frac{(0.21 \angle 0^\circ)}{2} =$$

$$I_m = \frac{0.93 \angle -90^\circ}{a} = \frac{0.93 \angle -90^\circ}{2} =$$

$$i_{hf + e} = 0.105 \angle 0^\circ A / AT$$

$$I_m = 0.47 \angle -90^\circ A / AT$$

$$I_o = I_{hf + e} + I_m$$

$$I_o = 0.953 \angle -77,27^\circ A = I_{ca} / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{VCC}{ICC} \angle \cos^{-1}\left(\frac{PCC}{VCC \cdot ICC}\right)$$

$$R_1 = \frac{1.40}{2} \Omega = R_2 = 0.7 / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{5.2}{3.68} \angle \cos^{-1}\left(\frac{19}{(5.2)(3.68)}\right)$$

$$X_1 = \frac{0.17}{2} \Omega = X_2 = 0.085 / BT$$

$$Z_{eq} = (1.40 + j0.17) \Omega / BT$$

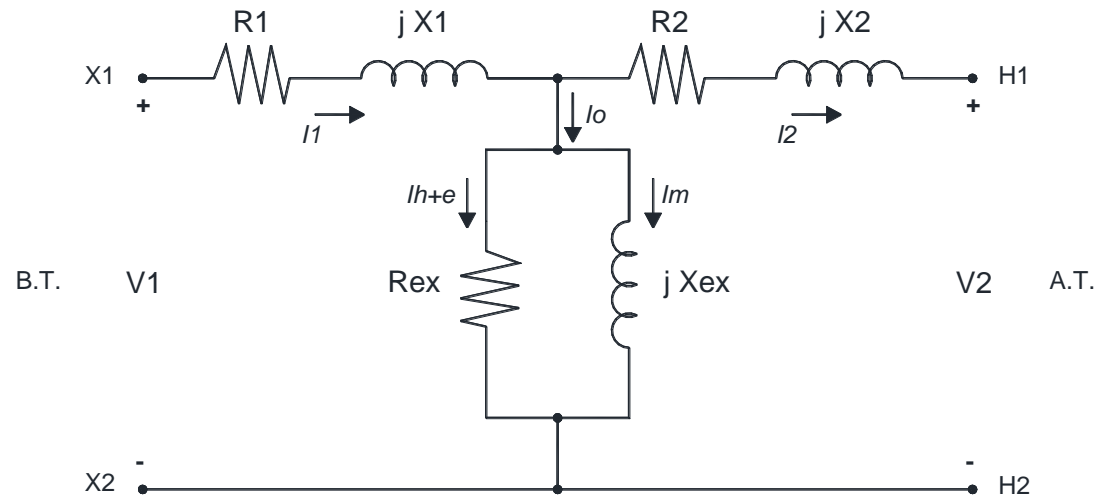
$$R_1 = 0.7 \times 4 = 2.8 = R_2 / AT$$

$$R_{eq} = 1.40 \Omega, X_{eq} = 0.17 \Omega$$

$$X_1 = 0.085 \times 4 = 0.34 = X_2 / AT$$

### MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T3 DEVANADO I

Fuente: Los autores



Visto desde BT	
Ica(mA)	952
Vca(V)	120.15
Pca(W)	24.86
Qca(VAR)	111.90
Fpca	0.21

Visto desde BT	
Vcc(V)	5.2
Icc(A)	4.21
Pcc(W)	21
QCC(VAR)	21
Fpcc	0.99

Figura 4.60: Modelo real Transformador III – Devanado I

TABLA No.5-E: VALORES DEL MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T3 DEVANADO I										
VARIABLE	$a = \frac{N1}{N2}$	R1 (Ω)	JX1 (Ω)	R2 (Ω)	jX2 (Ω)	Rex	jXex	Io	Ih+e	Im
VISTO DESDE BT / 120 V	2	0.59	0.175	0.59	0.175	580.72	129.29	0.477	0.21	0.93
VISTO DESDE AT / 240 V	1/2	2.36	0.7	2.36	0.7	2322.88	517.16	0.2385	0.105	0.465

Tabla 23: Valores del modelo real del Transformador III – Devanado I

**CÁLCULOS DE LAS IMPEDANCIAS DEL NÚCLEO E IMPEDANCIAS DEL TRANSFORMADOR III DEVANADO II**

$$Y_{ex} = \frac{ICA}{VCA} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{Pca}{Vca \cdot Ica}\right)$$

$$Y_{ex} = \frac{0.953}{120.35} \angle -\cos^{-1}\left(\frac{24.86}{(120.35)(0.953)}\right)$$

$$Y_{ex} = 1.7163 \times 10^{-3} - j7.7303 \times 10^{-3}$$

$$G_n = 1.716 \times 10^{-3}, B_m = 7.7303 \times 10^{-3}$$

$$R_{ex} = (1.7163 \times 10^{-3})^{-1} = 582.64 \Omega / BT$$

$$R_{ex} = 582.64 \Omega \times a^2 = 2330.56 / AT$$

$$X_{ex} = (7.7303 \times 10^{-3})^{-1} = 129.36 \Omega / BT$$

$$X_{ex} = 129.36 \Omega \times a^2 = 517.44 / AT$$

$$I_{hf + e} = \frac{V_1}{R_{ex}}$$

$$I_m = \frac{V_1}{X_{ex}}$$

$$I_{hf + e} = \frac{120.35 \angle 0^\circ}{582.64 \angle 0^\circ}$$

$$I_m = \frac{120.35 \angle 0^\circ}{129.36 \angle 90^\circ}$$

$$I_{hf + e} = 0.21 \angle 0^\circ A / BT$$

$$I_m = 0.93 \angle -90^\circ A / BT$$

$$I_{hf + e} = \frac{(0.21 \angle 0^\circ)}{a} = \frac{(0.21 \angle 0^\circ)}{2} =$$

$$I_m = \frac{0.93 \angle -90^\circ}{a} = \frac{0.93 \angle -90^\circ}{2} =$$

$$i_{hf + e} = 0.105 \angle 0^\circ A / AT$$

$$I_m = 0.47 \angle -90^\circ A / AT$$

$$I_o = I_{hf + e} + I_m$$

$$I_o = 0.953 \angle -77,27^\circ A = I_{ca} / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{VCC}{ICC} \angle \cos^{-1}\left(\frac{PCC}{VCC \cdot ICC}\right)$$

$$R_1 = \frac{1.40}{2} \Omega = R_2 = 0.7 / BT$$

$$Z_{eq} = \frac{5.2}{3.68} \angle \cos^{-1}\left(\frac{19}{(5.2)(3.68)}\right)$$

$$X_1 = \frac{0.17}{2} \Omega = X_2 = 0.085 / BT$$

$$Z_{eq} = (1.40 + j0.17) \Omega / BT$$

$$R_1 = 0.7 \times 4 = 2.8 = R_2 / AT$$

$$R_{eq} = 1.40 \Omega, X_{eq} = 0.17 \Omega$$

$$X_1 = 0.085 \times 4 = 0.34 = X_2 / AT$$

### MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T3 DEVANADO II

Fuente: Los autores

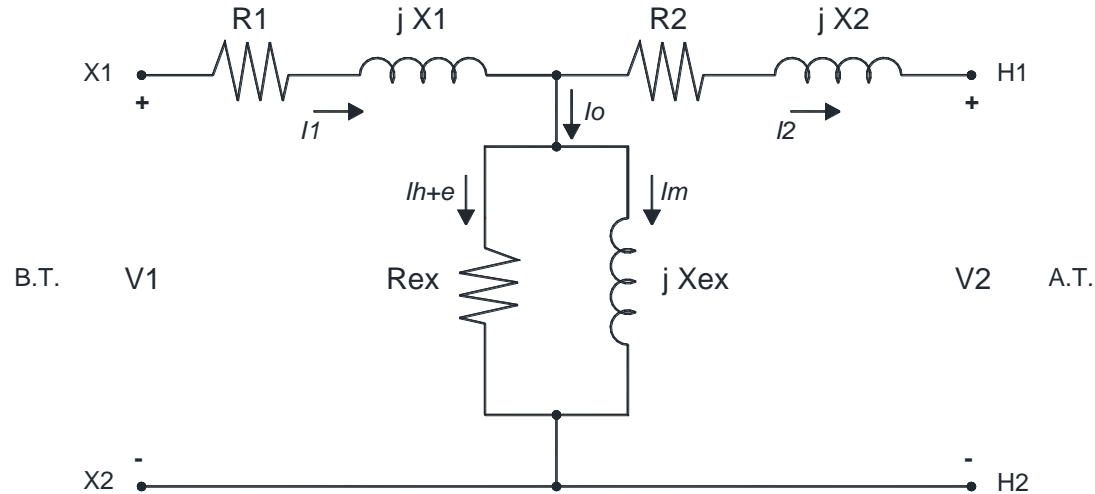


Figura 4.61: Modelo real Transformador III – Devanado II

Visto desde BT	
Ica(mA)	953.14
Vca(V)	120.35
Pca(W)	24.86
Qca(VAR)	111.95
Fpca	0.21

Visto desde BT	
Vcc(V)	5.2
Icc(A)	3.68
Pcc(W)	19
QCC(VAR)	19
Fpcc	1

TABLA No.5-F: VALORES DEL MODELO REAL EXACTO DEL TRANSFORMADOR T3 DEVANADO II

VARIABLE	$a = \frac{N1}{N2}$	R1 ( )	JX1 ( )	R2 ( )	jX2 ( )	Rex	jXex	Io	Ih+e	Im
VISTO DESDE BT / 120 V	2	0.7	0.085	0.7	0.085	582.64	129.36	0.482	0.21	0.93
VISTO DESDE AT / 240 V	1/2	2.8	0.34	2.8	0.34	2330.56	517.44	0.241	0.105	0.465

Tabla 24: Valores del modelo real del Transformador III – Devanado II



## CONCLUSIONES:

Una vez realizada esta práctica se pudo concluir lo siguiente:


El ángulo del voltaje de fase retrasa  $30^\circ$  al voltaje de línea

1.- En la prueba de relación fundamental de transformación se comprobó que su relación es 2:1

2.- En la prueba de polaridad se pudo comprobar que el transformador No 1 y No 2 tienen polaridad sustractiva y el transformador No 3 tiene polaridad aditiva

3.- En las pruebas de circuito abierto y corto circuito las impedancias vistas desde BT Y AT respectivamente son:

Impedancia de excitación	impedancia equivalente
$598.80+j143.06\Omega$	$2.14+j0.56\Omega$
$587.16+j139.14\Omega$	$2.14+j0.56\Omega$
$581.36+j131.27\Omega$	$2.46+j0.52\Omega$
$579.24+j132.45\Omega$	$2.44+j0.54\Omega$
$580.72+j129.29\Omega$	$2.36+j0.7\Omega$
$582.64+j129.36\Omega$	$2.8+j0.34\Omega$

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 4
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

### 4.2.3. Práctica # 3

#### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 3**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

#### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA


- a. **TEMA:** SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y - Y CON CARGA BALANCEADA

#### b. OBJETIVO GENERAL:

Estudiar el sistema de transformación estrella-estrella con carga balanceada.

#### c. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Efectuar la conexión estrella-estrella con cargas balanceadas en el banco de pruebas.
2. Estudio real de la relación fundamental de transformación (RTF) del sistema con cargas balanceadas.
3. Triángulo de potencias del sistema real.

	REVISIÓN 1/1	Página 2 de 4
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### d. MARCO TEÓRICO


1. Sistemas de transformación trifásica con carga balanceada.
2. Banco trifásico de transformadores conexión Y-Y.
3. Capacidad de bancos trifásicos de transformadores
4. Cargas inductivas y resistivas
5. Diagramas fasoriales

#### e. PROCEDIMIENTO

1. Efectuar la conexión trifásica estrella-estrella según el diagrama de conexiones.
2. Efectuar las mediciones indicadas, para completar cada una de las tablas propuestas de la práctica.
3. Registrar los cálculos realizados en cada prueba.
4. Realizar los diagramas fasoriales de las pruebas
5. Estudiar los resultados obtenidos y emitir conclusiones
6. Generar el reporte de la práctica realizada.

#### f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Estudio real del sistema Y-Y con carga balanceada.
  - Prueba No.1-A: Conexión del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva conectada en Y.
  - Prueba No.1-B: Conexión del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y.
  - Prueba No.2-A: Conexión del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva conectada en  $\Delta$ .

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 3 de 4</i>
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	<b>TRANSFORMADORES</b>	
CARRERA	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
SEDE	<b>GUAYAQUIL</b>	

- Prueba No.2-B: Conexión del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en  $\Delta$ .
- Diagrama fasorial de pruebas 1-A, 1-B y 2-A, 2-B
- Triángulo de potencias de las pruebas 1-A, 1-B y 2-A, 2-B

**g. RECURSOS**


1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Diagramas eléctricos para pruebas.
3. Diagramas de conexión para pruebas.
4. Equipos para medición.
5. Cables de conexión.
6. Tablas de la para registro de resultados.

**h. REGISTRO DE RESULTADOS**

1. Prueba No1-A
2. Prueba No1-B
3. Prueba No2-A
4. Prueba No2-B

**i. CUESTIONARIO**

1. Al conectar una carga resistiva balanceada ¿Qué sucede con la corriente del neutro?
2. Al conectar una carga resistiva balanceada ¿Cuántos grados adelanta la corriente al voltaje? Justifique su respuesta

	REVISIÓN 1/1	Página 4 de 4
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

3. Al conectar una carga inductiva balanceada ¿Cuántos grados adelanta la corriente al voltaje? Justifique su respuesta

**j. ANEXOS**

1. Diagramas eléctricos.

2. Diagramas de conexiones.

3. Tablas de la práctica para el registro de resultados.

**k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

1. CHAPMAN, STEPHEN J., MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MC GRAW HILL, 2012

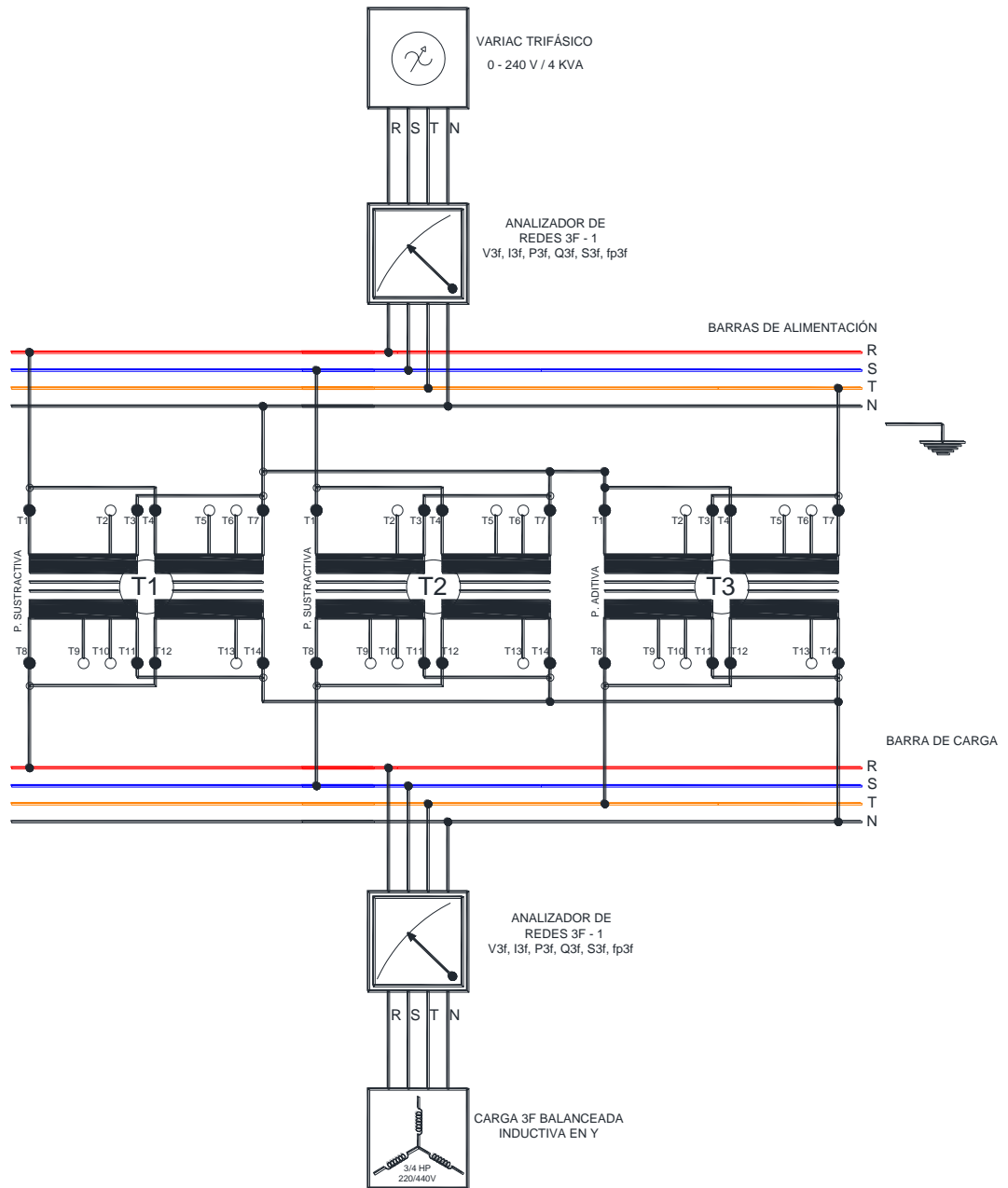
**l. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente

# PRUEBA No.1-A: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA EN Y

## DIAGRAMA ELÉCTRICO

Fuente: Los autores



**Figura 4.62:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 3

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

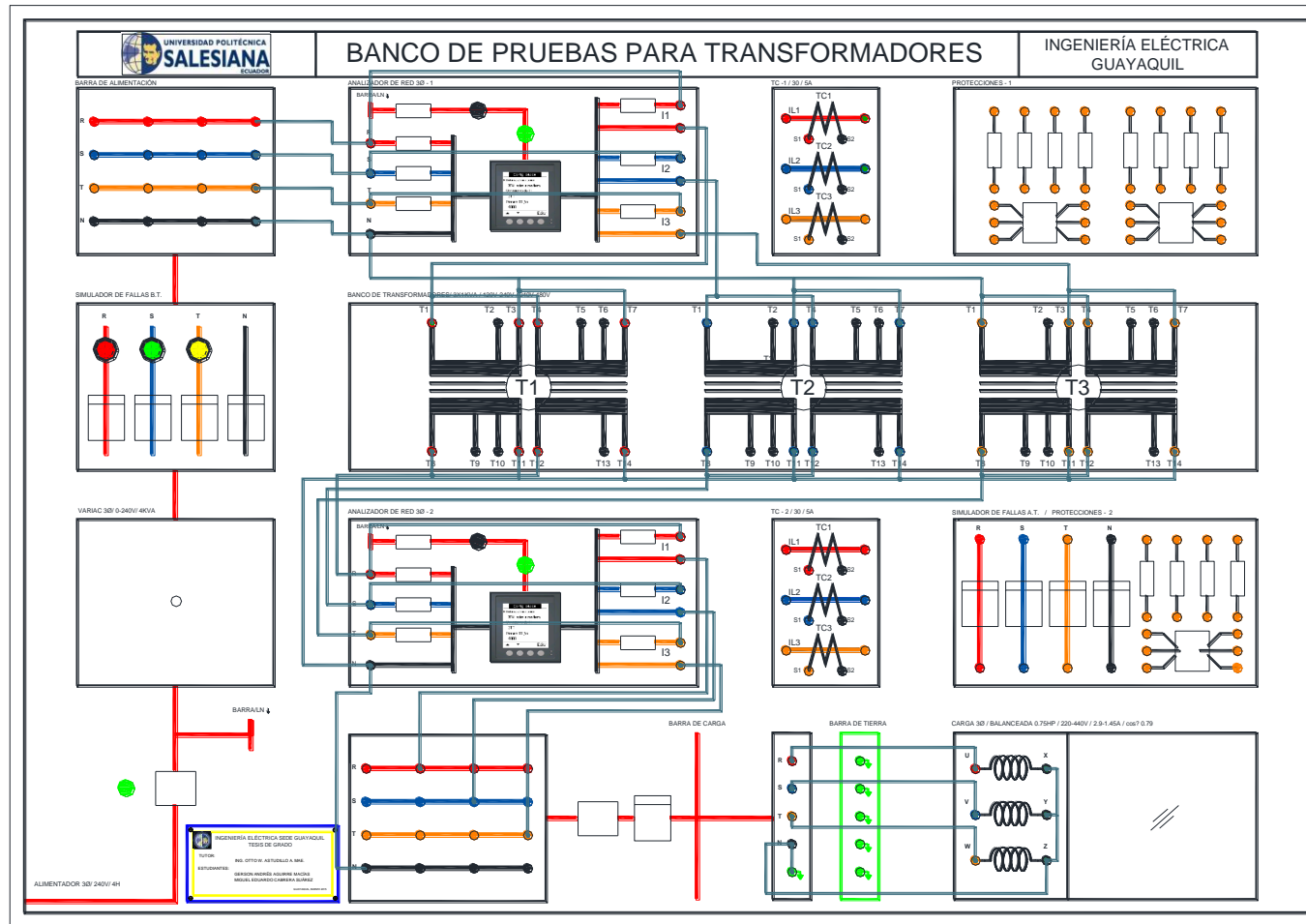


Figura 4.63: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 3

## REGISTRO DE RESULTADOS REALES OBTENIDOS DE LA PRUEBA

### No1-A

<b>TABLA No.1-A: MEDICIONES DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA ¾ HP EN CONEXIÓN Y</b>				
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>VOLTAJES</b>	<b>[Voltios]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[Voltios]</b>	
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	239.6	
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (S-T)</b>	239.7	
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (T-R)</b>	237.4	
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(R-N)</b>	136.6	
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(S-N)</b>	139.1	
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(T-N)</b>	137.7	
<b>CORRIENTES</b>	<b>[Amperios]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[Amperios]</b>	
<b>Ir</b>	0.86	<b>IR</b>	0.35	
<b>Is</b>	1	<b>IS</b>	0.42	
<b>It</b>	0.92	<b>IT</b>	0.38	
<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.07	
<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P3FT</b>	63.2	<b>P3FT</b>	33.2	
<b>P1</b>	20.1	<b>P1</b>	9.9	
<b>P2</b>	21.5	<b>P2</b>	11.8	
<b>P3</b>	21.2	<b>P3</b>	11.3	
<b>Q3FT</b>	182.1	<b>Q3FT</b>	156	
<b>Q1</b>	55.5	<b>Q1</b>	46.8	
<b>Q2</b>	66.4	<b>Q2</b>	57.2	
<b>Q3</b>	60.1	<b>Q3</b>	51	
<b>S3FT</b>	192.7	<b>S3FT</b>	159	
<b>S1</b>	59	<b>S1</b>	47.8	
<b>S2</b>	69.8	<b>S2</b>	58.6	
<b>S3</b>	63.9	<b>S3</b>	52.7	
<b>Fp3FT</b>	0.32	<b>Fp3FT</b>	0.20	
<b>Fp1</b>	0.33	<b>Fp1</b>	0.21	
<b>Fp2</b>	0.30	<b>Fp2</b>	0.20	
<b>Fp3</b>	0.33	<b>Fp3</b>	0.21	

**Tabla 25:** Valores medidores del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva en Y



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

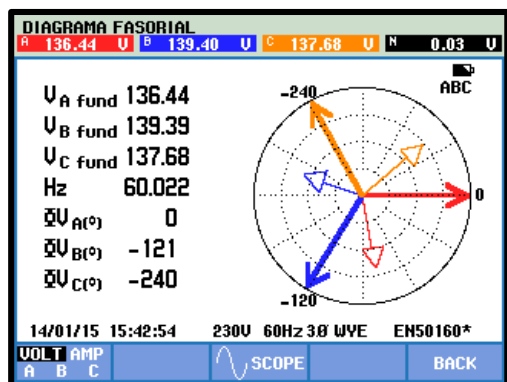


Figura 4.64: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-A – Práctica # 3

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

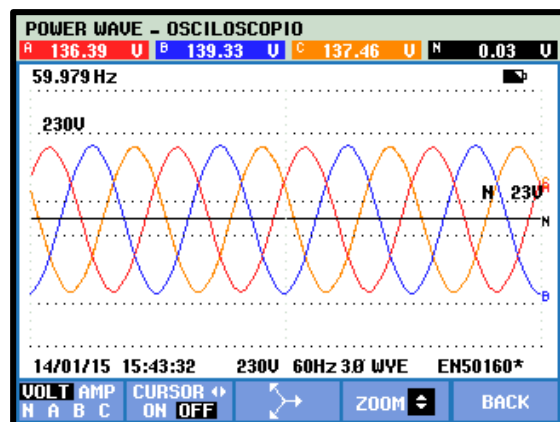


Figura 4.66: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-A - Práctica # 3

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTE

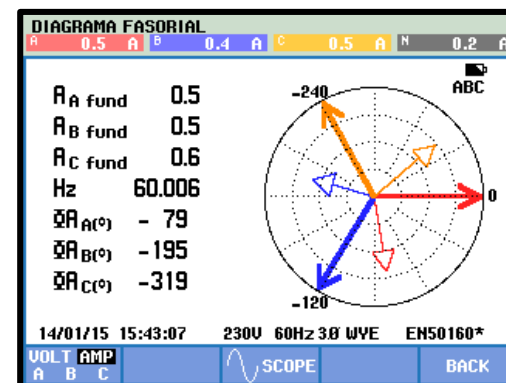


Figura 4.65: Diagrama fasorial de Corriente Prueba # 1-A - Práctica # 3

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTE

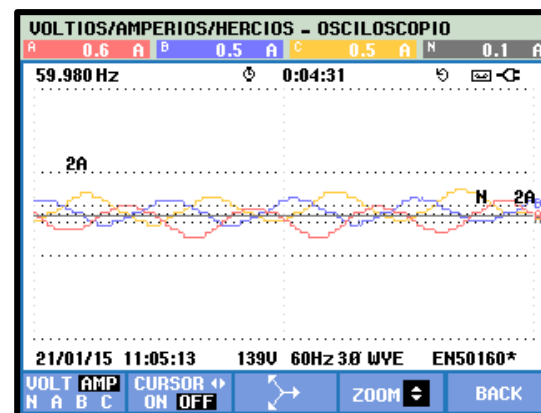
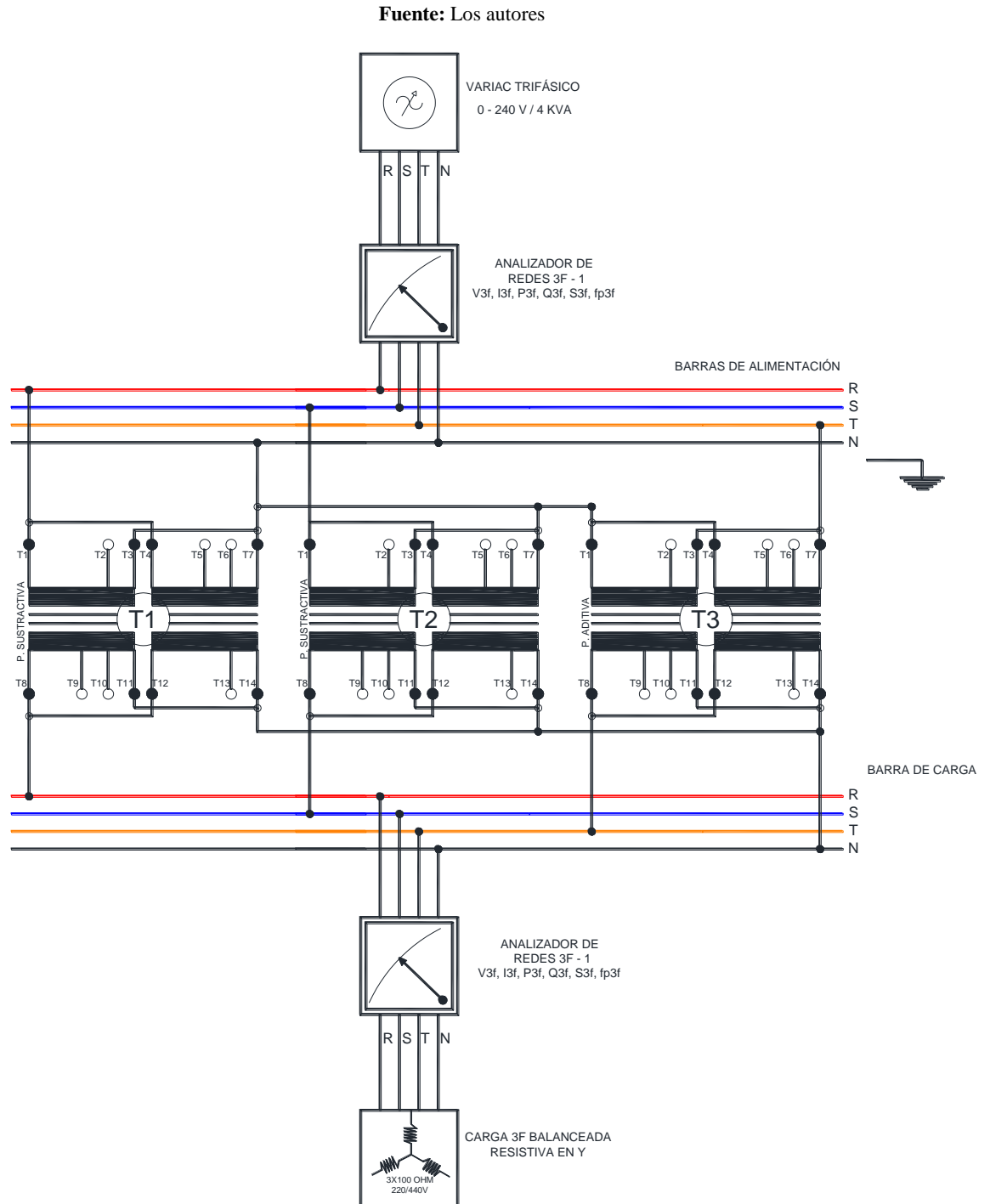


Figura 4.67: Diagrama onda de Corriente Prueba # 1-A - Práctica # 3

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.1-B: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y-Y  
CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA EN Y**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**



**Figura 4.68:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-B – Práctica # 3

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

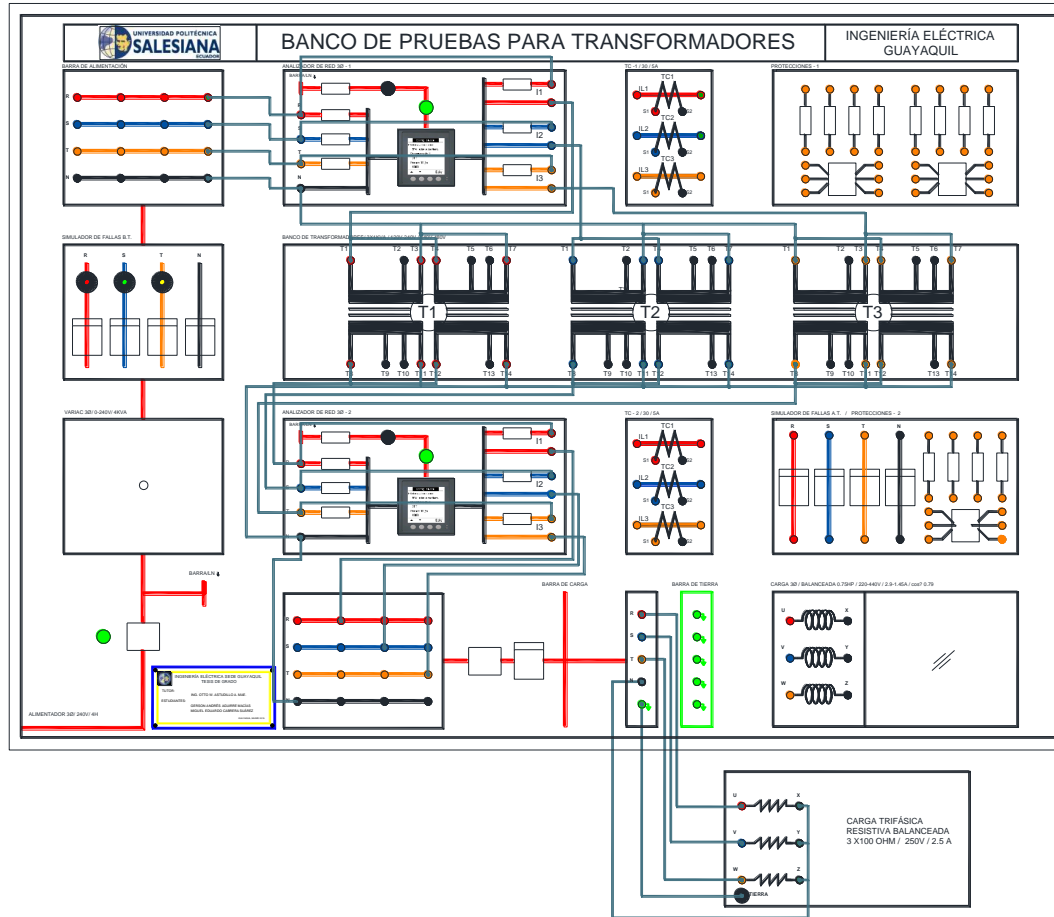


Figura 4.69: Diagrama de conexiones Prueba # 1-B – Práctica # 3

## REGISTRO DE RESULTADOS REALES OBTENIDOS DE LA PRUEBA

### No1-B

<b>TABLA No.1-B: MEDICIONES DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA 3X100Ω EN CONEXIÓN Y</b>				
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>VOLTAJES</b>	<b>[Voltios]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[Voltios]</b>	
<b>V (r-s)</b>	118.9	<b>V (R-S)</b>	230.7	
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.8	
<b>V (t-r)</b>	117.8	<b>V (T-R)</b>	228.2	
<b>V(r-n)</b>	68.7	<b>V(R-N)</b>	131.5	
<b>V(s-n)</b>	69.1	<b>V(S-N)</b>	134.5	
<b>V(t-n)</b>	68.2	<b>V(T-N)</b>	132.7	
<b>CORRIENTES</b>	<b>[Amperios]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[Amperios]</b>	
<b>Ir</b>	2.77	<b>IR</b>	1.33	
<b>Is</b>	2.81	<b>IS</b>	1.34	
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.32	
<b>In</b>	0.08	<b>IN</b>	0.02	
<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P3FT</b>	572.7	<b>P3FT</b>	531	
<b>P1</b>	188.4	<b>P1</b>	174.6	
<b>P2</b>	193.8	<b>P2</b>	180.2	
<b>P3</b>	189.1	<b>P3</b>	175.3	
<b>Q3FT</b>	31.7	<b>Q3FT</b>	5.4	
<b>Q1</b>	10.6	<b>Q1</b>	1.9	
<b>Q2</b>	10.5	<b>Q2</b>	1.9	
<b>Q3</b>	10.4	<b>Q3</b>	1.6	
<b>S3FT</b>	573.5	<b>S3FT</b>	530.4	
<b>S1</b>	189.2	<b>S1</b>	175.1	
<b>S2</b>	194.6	<b>S2</b>	180.9	
<b>S3</b>	189.7	<b>S3</b>	175.3	
<b>Fp3FT</b>	0.99	<b>Fp3FT</b>	0.99	
<b>Fp1</b>	0.99	<b>Fp1</b>	0.99	
<b>Fp2</b>	0.99	<b>Fp2</b>	0.99	
<b>Fp3</b>	0.99	<b>Fp3</b>	0.99	

**Tabla 26:** Valores medidores del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva en Y

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

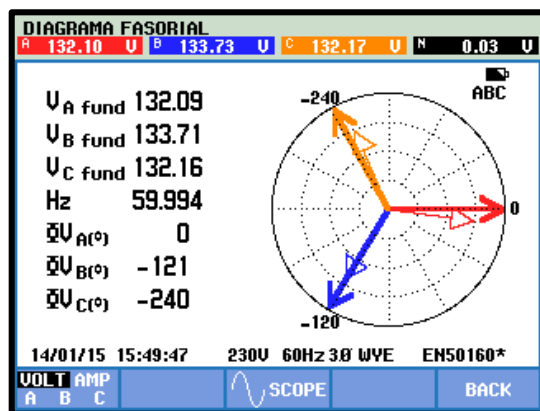


Figura 4.70: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 3

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

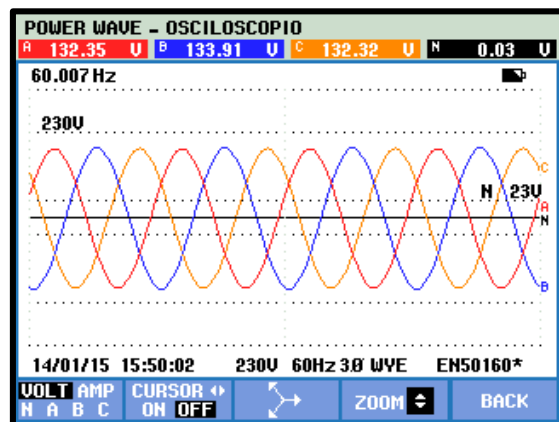


Figura 4.72: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 3

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

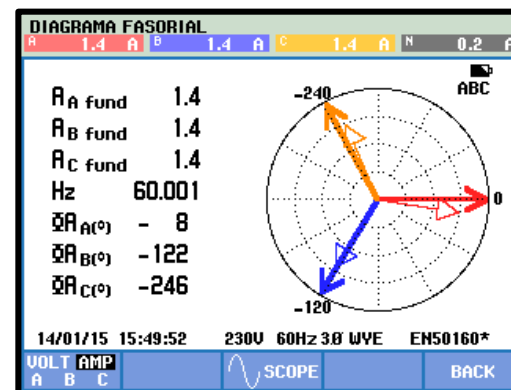


Figura 4.71: Diagrama fasorial de Corriente Prueba # 1-B - Práctica # 3

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

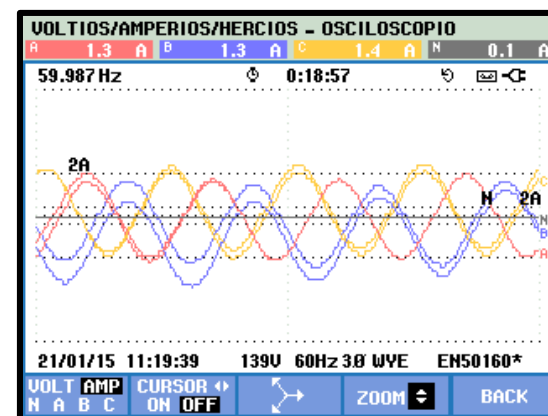


Figura 4.73: Diagrama onda de Corriente Prueba # 1-B - Práctica # 3

# PRUEBA No.2-A: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA EN $\Delta$

## DIAGRAMA ELÉCTRICO

Fuente: Los autores

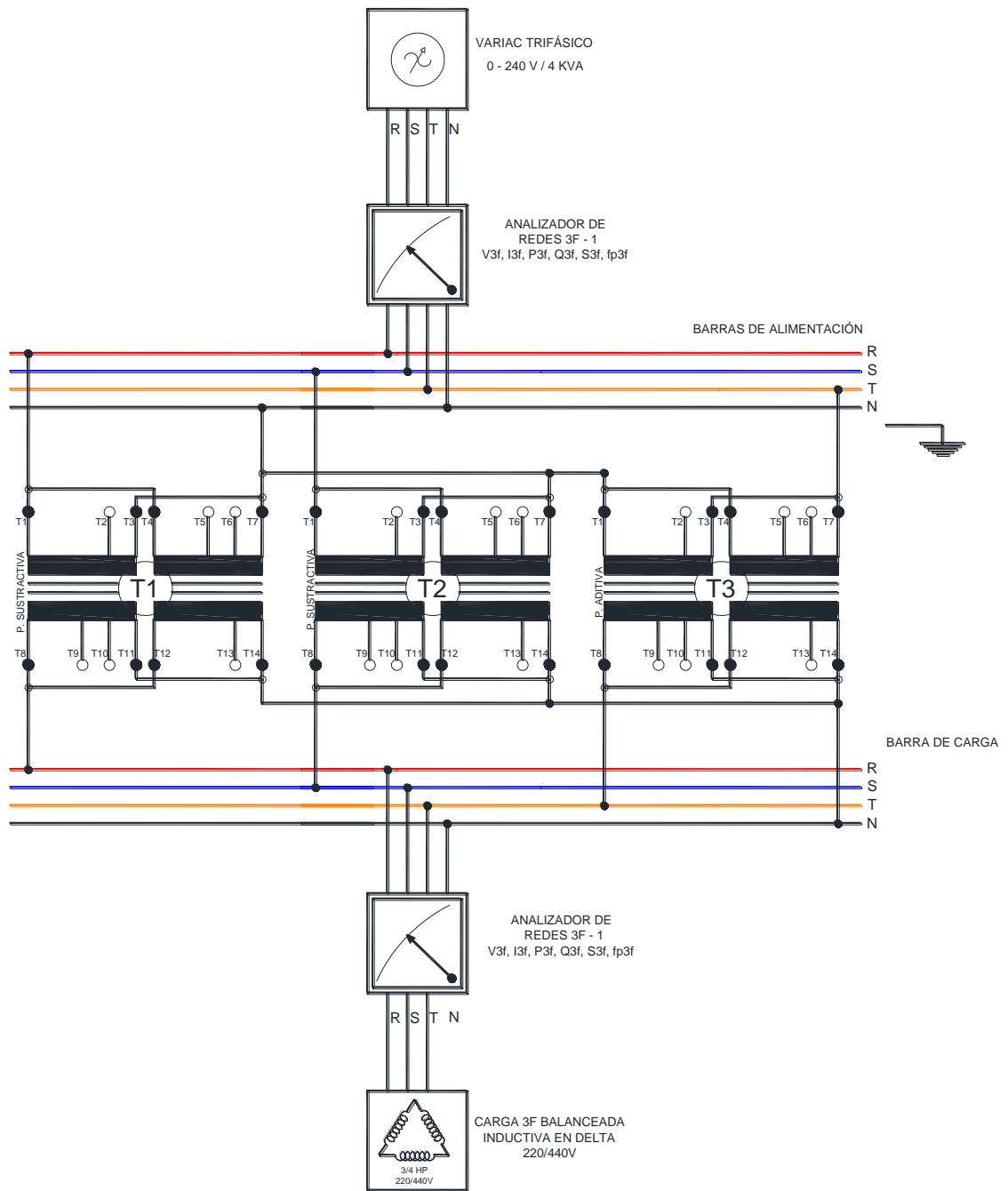


Figura 4.74: Diagrama eléctrico Prueba # 2-A – Práctica # 3

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

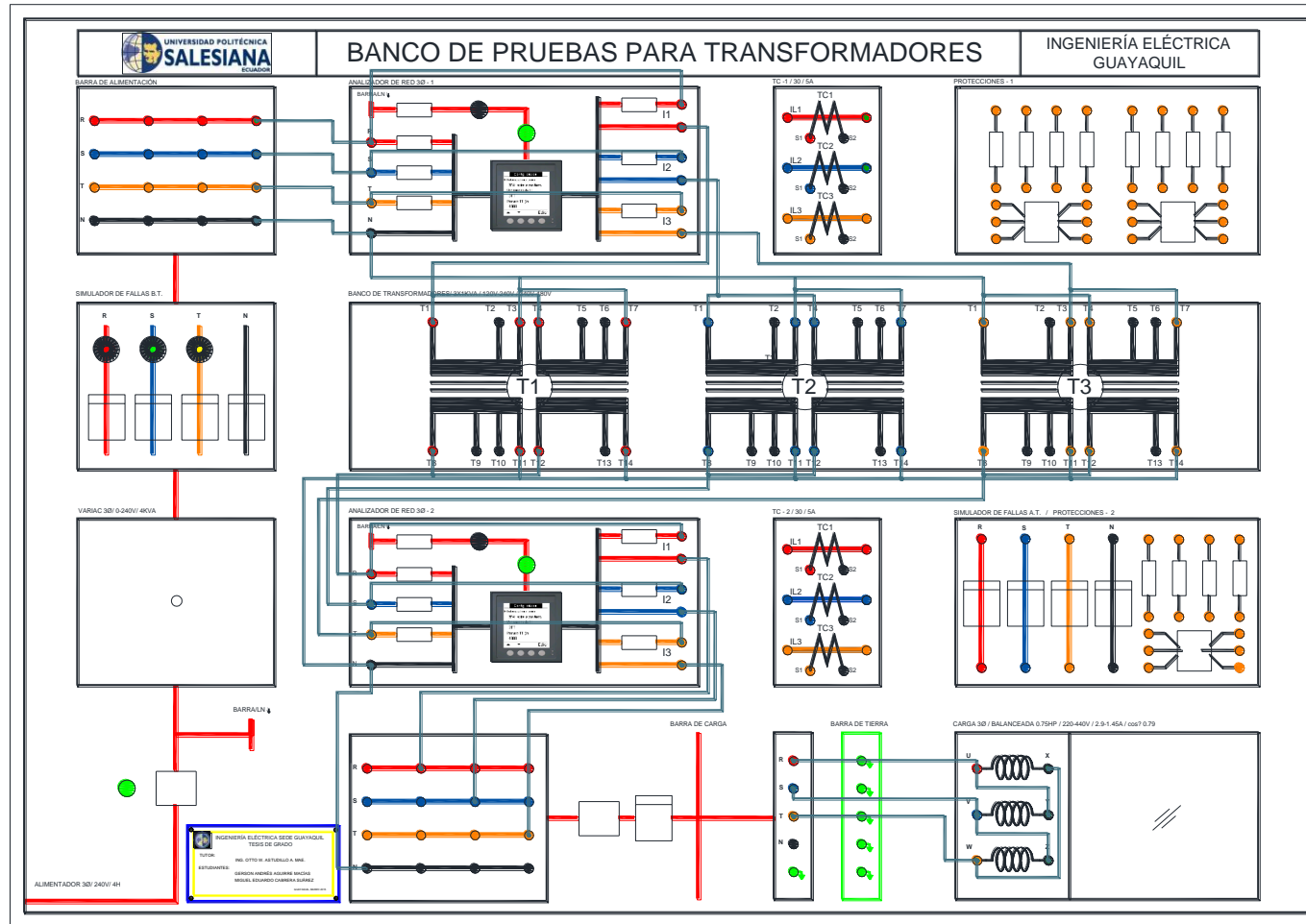


Figura 4.75: Diagrama de conexiones Prueba # 2-A – Práctica # 3

## REGISTRO DE RESULTADOS REALES OBTENIDOS DE LA PRUEBA

### No2-A

TABLA No.2-A: MEDICIONES DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA EN CONEXIÓN $\Delta$				
PRIMARIO		SECUNDARIO		OBSERVACIONES
VOLTAJES	[Voltios]	VOLTAJES	[Voltios]	
V (r-s)	119.2	V (R-S)	235.26	
V (s-t)	119.2	V (S-T)	235.81	
V (t-r)	118.3	V (T-R)	233.70	
V(r-n)	69.17	V(R-N)	137.14	
V(s-n)	69.20	V(S-N)	137.02	
V(t-n)	68.63	V(T-N)	135.73	
CORRIENTES	[Amperios]	CORRIENTES	[Amperios]	
Ir	2.78	IR	1.32	
Is	2.97	IS	1.41	
It	2.93	IT	1.39	
In	0	IN	0	
POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	
P3FT	121.2	P3FT	76.8	
P1	39.6	P1	25.4	
P2	48.8	P2	33.7	
P3	32.8	P3	17.8	
Q3FT	584.5	Q3FT	556.	
Q1	184.9	Q1	174.7	
Q2	202.6	Q2	192.7	
Q3	199.9	Q3	191.2	
S3FT	596.7	S3FT	562.4	
S1	187.8	S1	176.3	
S2	207.8	S2	195.5	
S3	203.1	S3	191.4	
Fp3FT	0.20	Fp3FT	0.13	
Fp1	0.20	Fp1	0.14	
Fp2	0.23	Fp2	0.17	
Fp3	0.16	Fp3	0.09	

**Tabla 27:** Valores medidores del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva en  $\Delta$



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

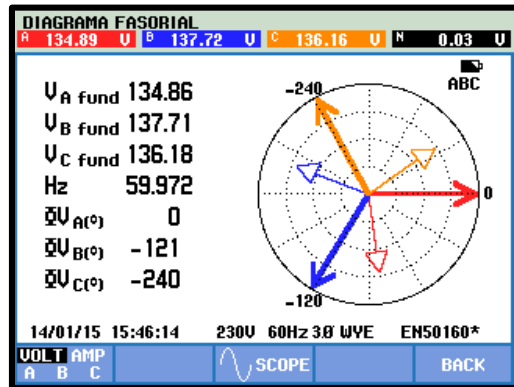


Figura 4.76: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-A - Práctica # 3

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

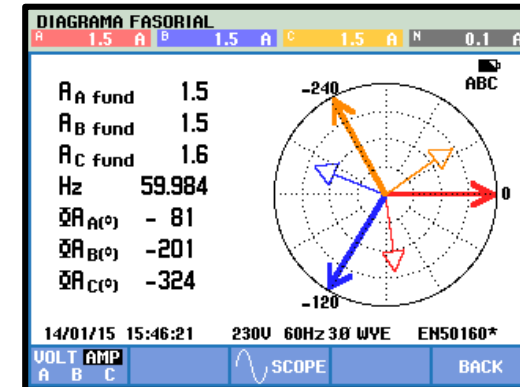


Figura 4.77: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-A - Práctica # 3

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

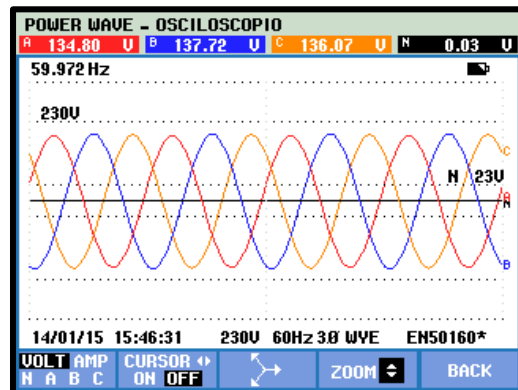


Figura 4.78: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-A - Práctica # 3

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

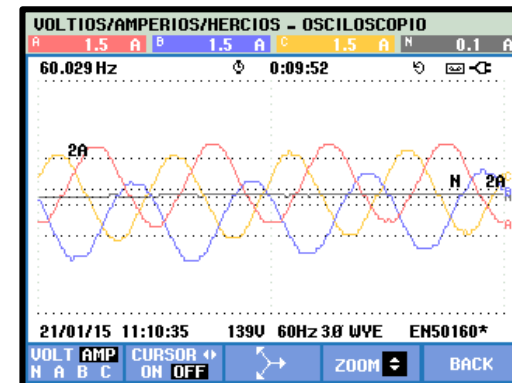
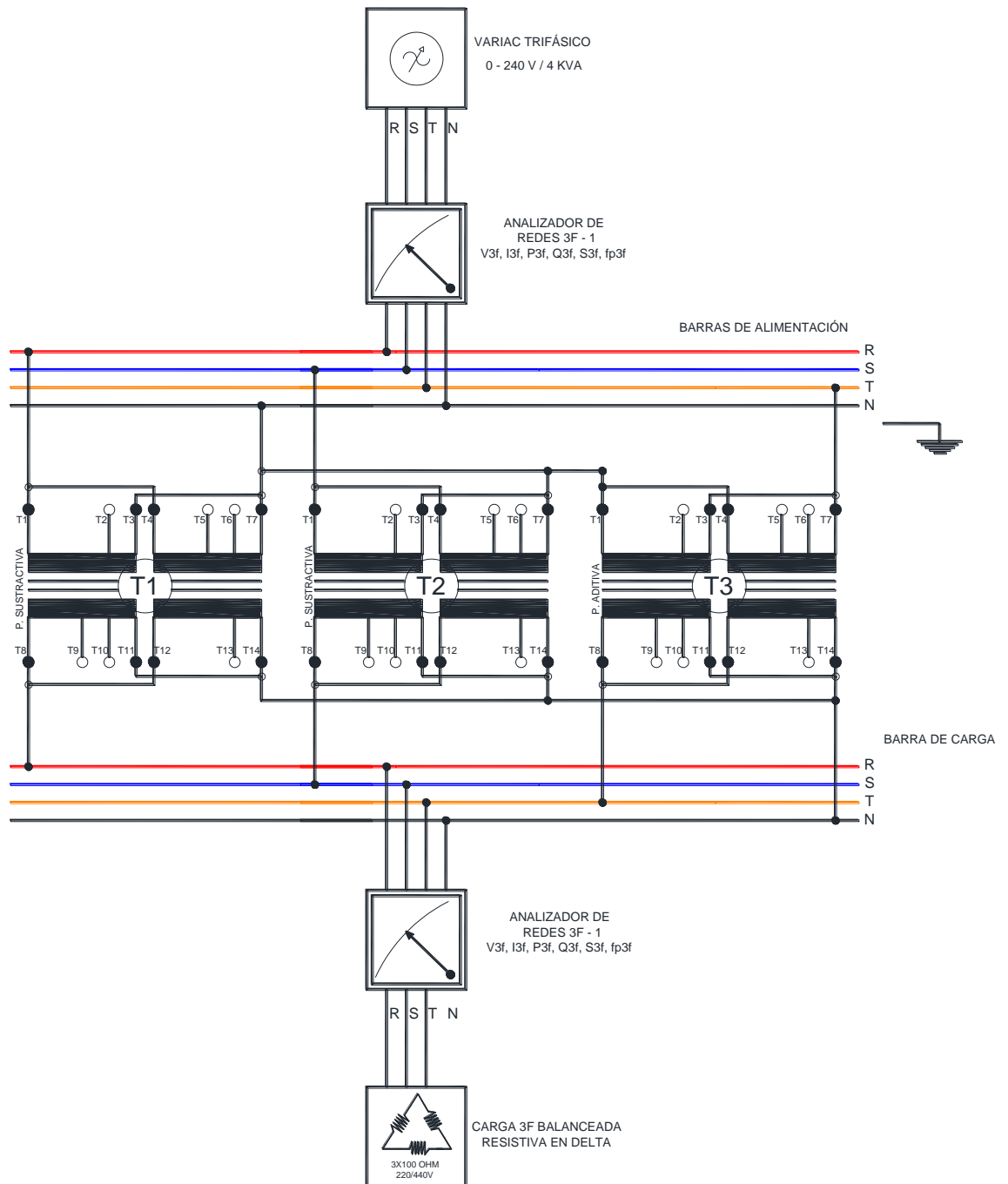


Figura 4.79: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-A - Práctica # 3

**PRUEBA No.2-B: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y-Y  
CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN Δ.**

**DIAGRAMA DE ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.80:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-B – Práctica # 3

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

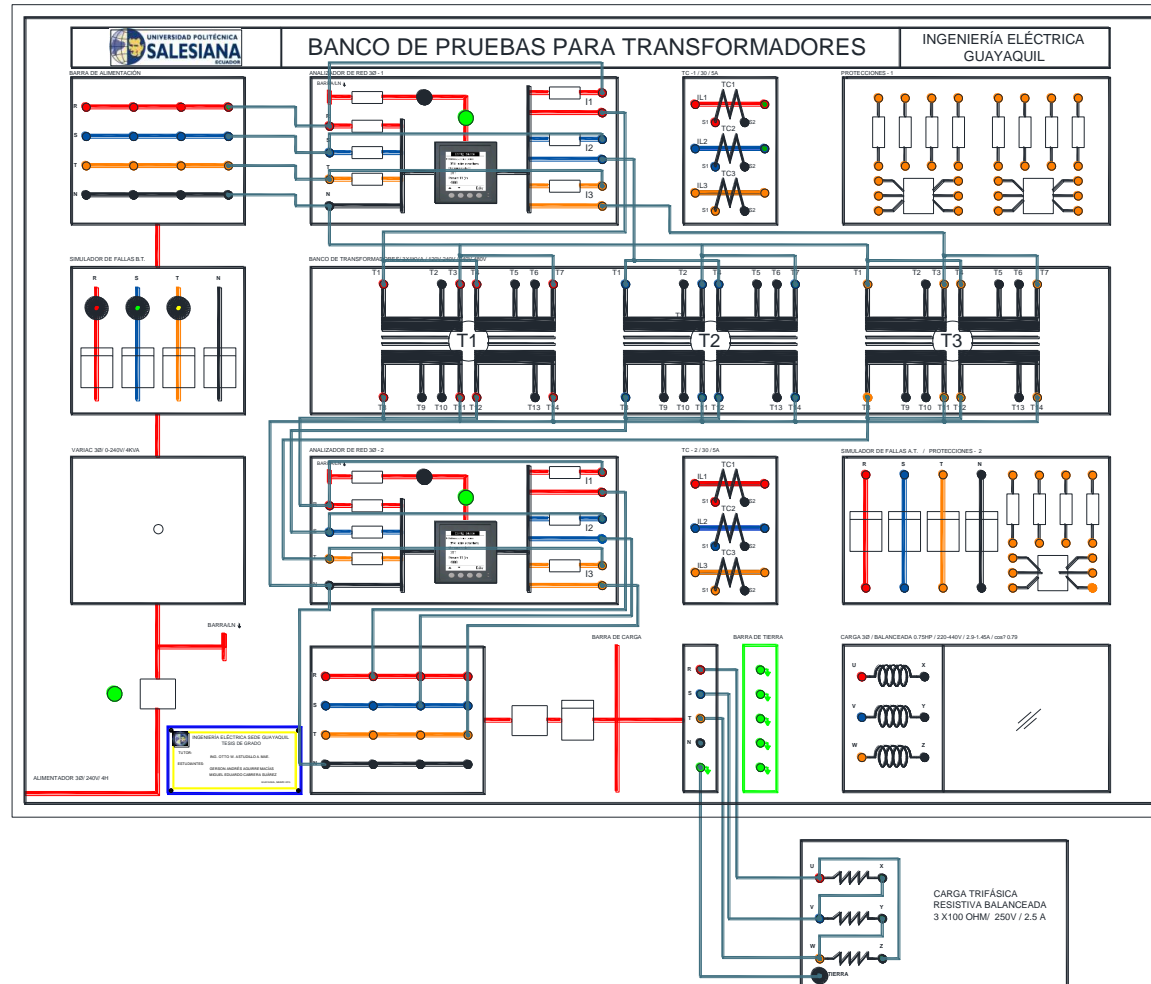


Figura 4.81: Diagrama de conexiones Prueba # 2-B – Práctica # 3

## REGISTRO DE RESULTADOS REALES OBTENIDOS DE LA PRUEBA

### No2-B

<b>TABLA No.2-B: MEDICIONES DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA DE 3X100Ω EN CONEXIÓN Δ</b>				
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>VOLTAJES</b>	<b>[Voltios]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[Voltios]</b>	
<b>V (r-s)</b>	59.1	<b>V (R-S)</b>	107.1	
<b>V (s-t)</b>	58.6	<b>V (S-T)</b>	107.6	
<b>V (t-r)</b>	57.9	<b>V (T-R)</b>	104.7	
<b>V(r-n)</b>	33.7	<b>V(R-N)</b>	60	
<b>V(s-n)</b>	34.3	<b>V(S-N)</b>	63.3	
<b>V(t-n)</b>	33.4	<b>V(T-N)</b>	61	
<b>CORRIENTES</b>	<b>[Amperios]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[Amperios]</b>	
<b>Ir</b>	3.69	<b>IR</b>	1.81	
<b>Is</b>	3.80	<b>IS</b>	1.86	
<b>It</b>	3.74	<b>IT</b>	1.83	
<b>In</b>	0	<b>IN</b>	0	
<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P3FT</b>	379	<b>P3FT</b>	338	
<b>P1</b>	126.3	<b>P1</b>	110.5	
<b>P2</b>	129.6	<b>P2</b>	116.9	
<b>P3</b>	126.9	<b>P3</b>	113.2	
<b>Q3FT</b>	18.6	<b>Q3FT</b>	5.42	
<b>Q1</b>	6.1	<b>Q1</b>	1.8	
<b>Q2</b>	5.4	<b>Q2</b>	1.6	
<b>Q3</b>	7.3	<b>Q3</b>	1.9	
<b>S3FT</b>	379.8	<b>S3FT</b>	338.9	
<b>S1</b>	126.3	<b>S1</b>	111.1	
<b>S2</b>	129.5	<b>S2</b>	117.6	
<b>S3</b>	127	<b>S3</b>	113.7	
<b>Fp3FT</b>	0.99	<b>Fp3FT</b>	0.99	
<b>Fp1</b>	0.99	<b>Fp1</b>	0.99	
<b>Fp2</b>	0.99	<b>Fp2</b>	0.99	
<b>Fp3</b>	0.99	<b>Fp3</b>	0.99	

**Tabla 28:** Valores medidores del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva en Δ

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

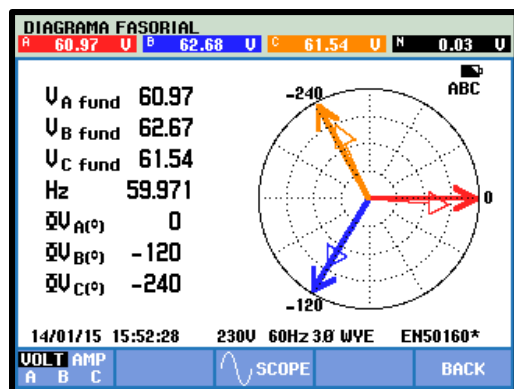


Figura 4.82: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-B - Práctica # 3

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

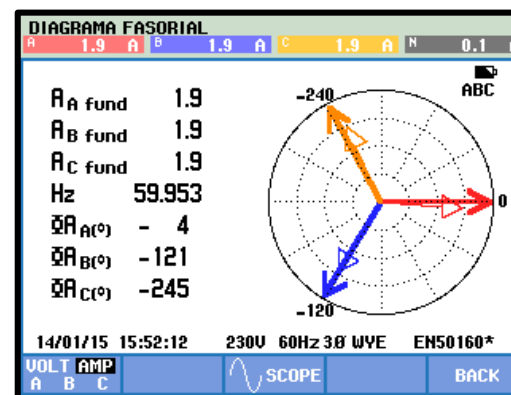


Figura 4.83: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-B - Práctica # 3

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

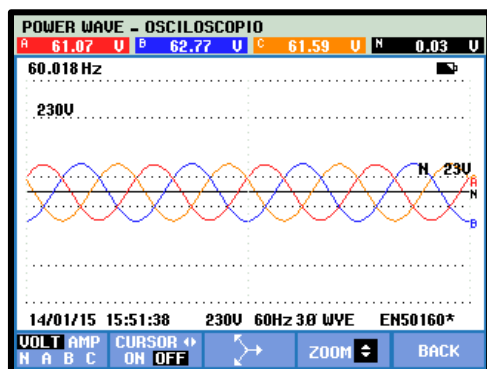


Figura 4.84: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-B - Práctica # 3

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

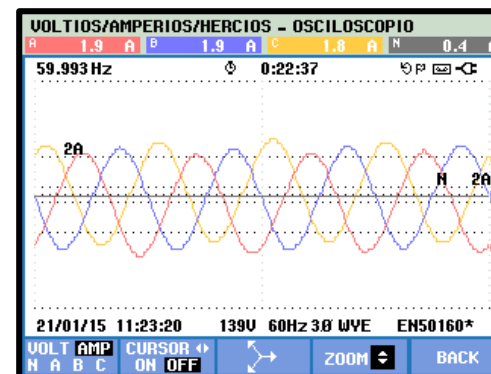


Figura 4.85: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-B - Práctica # 3

## **CONCLUSIONES:**

### **PRUEBA No.1-A: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y - Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN Y**

- El ángulo del voltaje de fase retrasa  $30^\circ$  al voltaje de línea.
- El voltaje de fase es voltaje línea entre  $\sqrt{3}$ .
- Las corrientes de fases son las mismas que las corrientes de líneas.
- La corriente del neutro es casi 0 ya que la carga es balanceada.
- En el diagrama fasorial vemos que como se tiene carga inductiva la corriente retrasa  $90^\circ$  con respecto al voltaje.

### **PRUEBA No.1-B: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y - Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN Y.**


- El voltaje de fase es voltaje línea entre  $\sqrt{3}$ .
- Las corrientes de fases son las mismas que las corrientes de líneas.
- En el diagrama fasorial vemos que como se tiene carga resistiva la corriente se encuentra prácticamente en fase con respecto voltaje.

### **PRUEBA No.2-A: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y - Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN $\Delta$**

- El voltaje de fase es voltaje línea entre  $\sqrt{3}$ .
- Las corrientes de fases son las mismas que las corrientes de líneas.
- Como tenemos la carga conectada en delta, no necesitamos el neutro.
- En el diagrama fasorial vemos que como se tiene carga inductiva la corriente retrasa  $90^\circ$  con respecto al voltaje.

### **PRUEBA No.2-B: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y - Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN $\Delta$ .**

- El voltaje de fase es voltaje línea entre  $\sqrt{3}$ .
- Las corrientes de fases son las mismas que las corrientes de líneas.
- Como tenemos la carga conectada en delta, no necesitamos el neutro.
- En el diagrama fasorial vemos que como se tiene carga resistiva la corriente se encuentra prácticamente en fase con respecto voltaje.

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 4
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### 4.2.4. Práctica # 4

##### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 4**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

##### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA
- b. **OBJETIVO GENERAL:**

Estudiar el sistema de transformación Y-Y de forma con carga desbalanceada.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
  1. Realizar la conexión Y-Y con cargas desbalanceadas en el tablero del banco de pruebas de transformadores.
  2. Análisis real de la relación fundamental de transformación (RTF) del sistema con cargas desbalanceadas.
  3. Triángulo de potencias del sistema real.

	REVISIÓN 1/1	Página 2 de 4
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### d. MARCO TEÓRICO

1. Sistemas de transformación trifásica con carga desbalanceada.
2. Banco trifásico de transformadores conexión Y-Y.
3. Capacidad de bancos trifásicos de transformadores
4. Cargas inductivas y resistivas
5. Diagramas fasoriales


#### e. PROCEDIMIENTO

1. Realizar la conexión trifásica Y-Y según el esquema de conexiones.
2. Realizar las mediciones indicadas, para completar cada una de las tablas propuestas de la práctica.
3. Registrar los cálculos realizados en cada prueba.
4. Realizar los diagramas fasoriales de las pruebas
5. Estudiar los resultados obtenidos y expresar conclusiones
6. Generar el reporte de la práctica realizada.

#### f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

- Análisis real del sistema Y-Y con carga desbalanceada.
- **Prueba No.1-A:** Conexión del sistema Y-Y con carga resistiva desbalanceada.
- **Prueba No.1-B:** Sistema de transformación Y-Y sin neutro con carga resistiva desbalanceada.



	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 3 de 4</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

- Diagrama fasorial de pruebas 1-A y 1-B.
- Triángulo de potencias de las pruebas 1-A y 1-B

**g. RECURSOS**


1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Diagramas eléctricos para pruebas.
3. Diagramas de conexión para pruebas.
4. Equipos para medición.
5. Cables de conexión.
6. Tablas de la para registro de resultados.

**h. REGISTRO DE RESULTADOS**

1. TABLA No1-A
2. TABLA No1-B

**i. CUESTIONARIO**

1. Al conectar una carga resistiva desbalanceada ¿Qué sucede con la corriente del neutro?
2. Al desconectar el neutro de la conexión estrella – estrella ¿Qué sucede con los valores de voltaje?
3. Al desconectar el neutro de la conexión estrella – estrella ¿Qué sucede con los valores de corriente?

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 4 de 4</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

#### **j. ANEXOS**

1. Diagramas eléctricos.
2. Diagramas de conexiones.
3. Tablas de la práctica para el registro de resultados.

#### **k. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

1. CHAPMAN, STEPHEN J., MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MC GRAW HILL, 2012

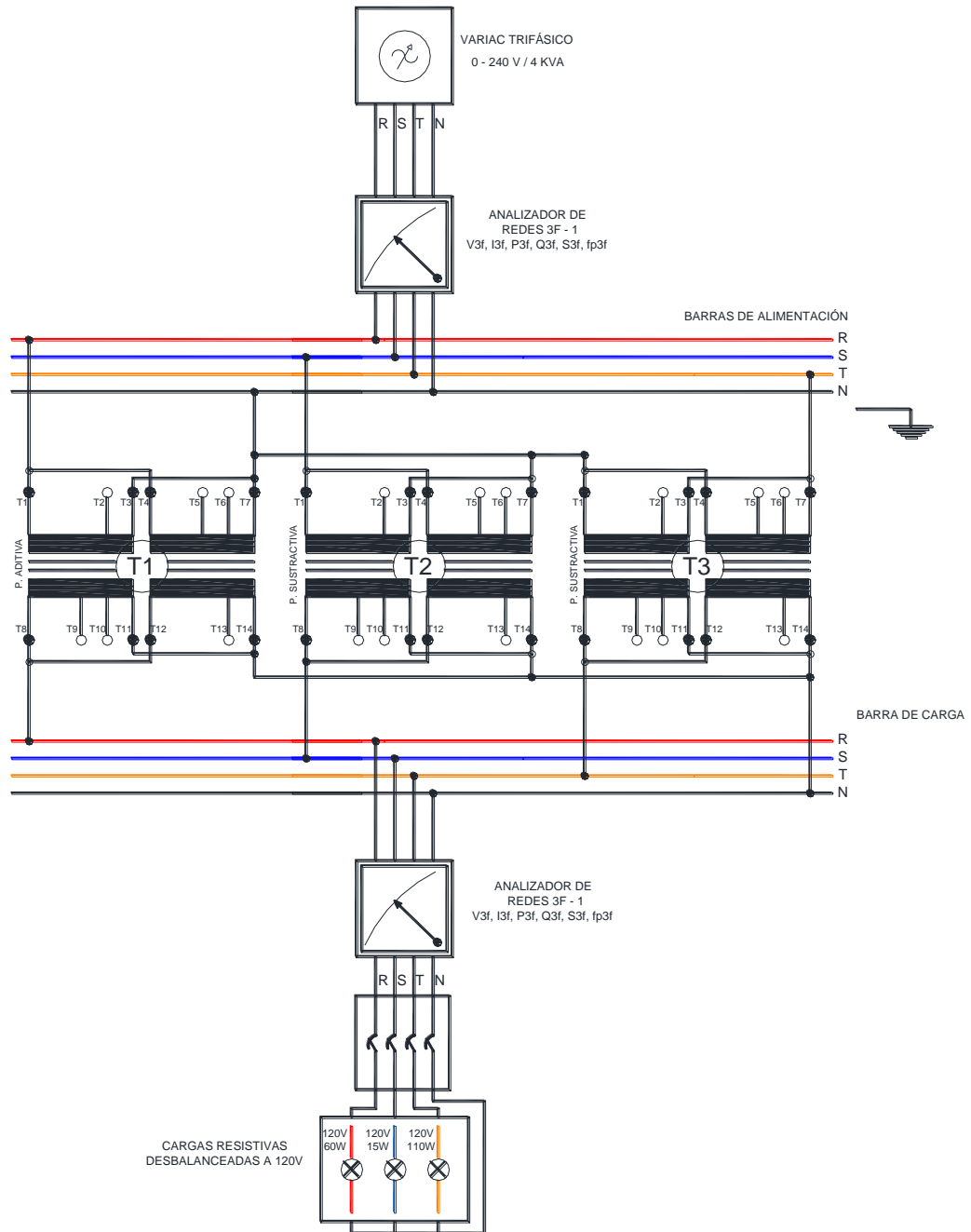
#### **l. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

# PRUEBA No.1-A: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Y - Y CON CARGA RESISTIVA DESBALANCEADA.

## DIAGRAMA ELÉCTRICO

Fuente: Los autores



**Figura 4.86:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 4

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

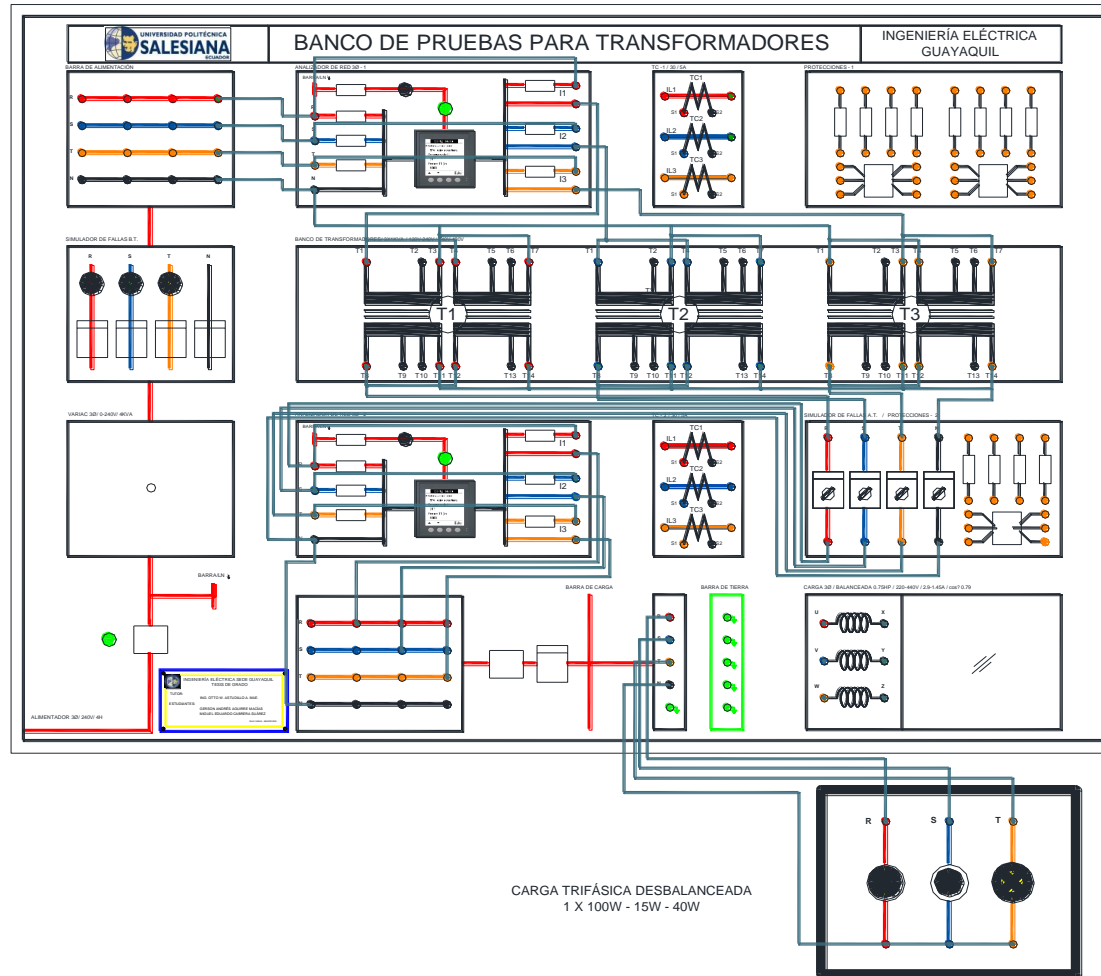


Figura 4.87: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 4

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-A: MEDICIONES DEL SISTEMA Y –Y CON CARGA RESISTIVA Y DESBALANCEADA</b>				
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	
<b>V (R-S)</b>	95.6	<b>V (r-s)</b>	184.5	
<b>V (S-T)</b>	95.3	<b>V (s-t)</b>	182.9	
<b>V (T-R)</b>	94.4	<b>V (t-r)</b>	177.3	
<b>V (R-N)</b>	54.8	<b>V (r-n)</b>	104.3	
<b>V (S-N)</b>	55.5	<b>V (s-n)</b>	109	
<b>V (T-N)</b>	54.4	<b>V (t-n)</b>	101	
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	
<b>I1</b>	1.13	<b>I1</b>	0.55	
<b>I2</b>	0.61	<b>I2</b>	0.29	
<b>I3</b>	1.73	<b>I3</b>	0.85	
<b>IN</b>	0.98	<b>IN</b>	0.49	
<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P</b>	190.4	<b>P</b>	175	
<b>Q</b>	8.3	<b>Q</b>	0	
<b>S</b>	190.9	<b>S</b>	175	
<b>POTENCIAS POR FASE</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS POR FASE</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P1</b>	62.1	<b>P1</b>	57.5	
<b>P2</b>	34	<b>P2</b>	31.6	
<b>P3</b>	94.5	<b>P3</b>	85.8	
<b>PT</b>	190.7	<b>PT</b>	175	
<b>Q1</b>	2.6	<b>Q1</b>	0	
<b>Q2</b>	2.1	<b>Q2</b>	0	
<b>Q3</b>	3.5	<b>Q3</b>	0	
<b>QT</b>	8.4	<b>QT</b>	0	
<b>S1</b>	62.1	<b>S1</b>	57.5	
<b>S2</b>	34.1	<b>S2</b>	31.6	
<b>S3</b>	94.1	<b>S3</b>	86	
<b>ST</b>	190.6	<b>ST</b>	175	
<b>Fp1</b>	0.99	<b>Fp1</b>	0.99	
<b>Fp2</b>	0.99	<b>Fp2</b>	0.99	
<b>Fp3</b>	0.99	<b>Fp3</b>	0.99	
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	

**Tabla 29:** Valores medidores del sistema Y-Y con carga desbalanceada resistiva en Y

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

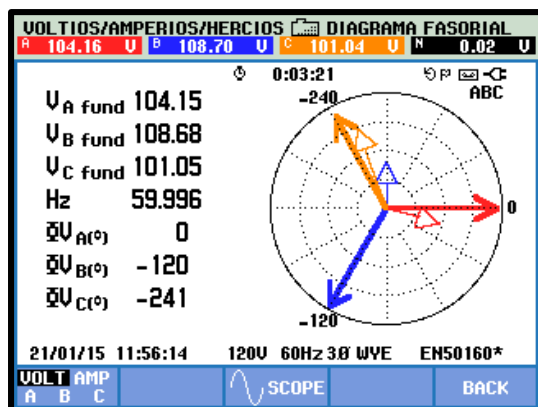


Figura 4.88: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-A – Práctica # 4

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

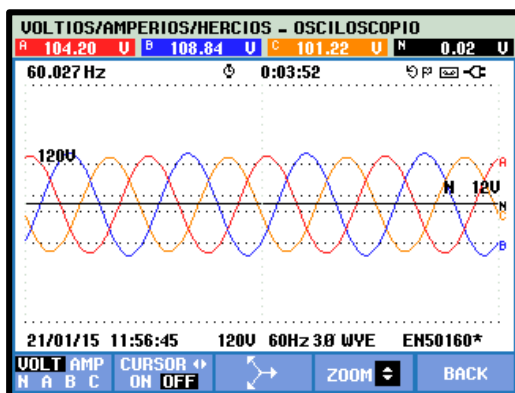


Figura 4.90: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-A - Práctica # 4

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

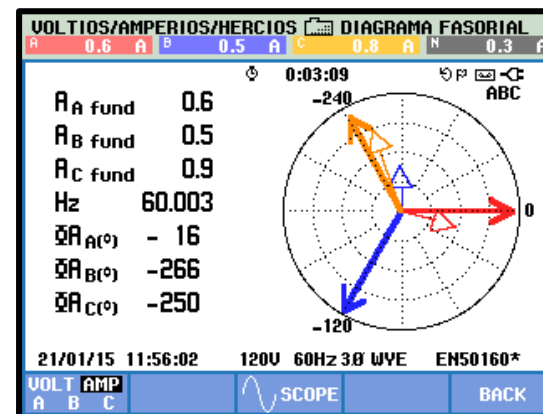


Figura 4.89: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-A - Práctica # 4

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

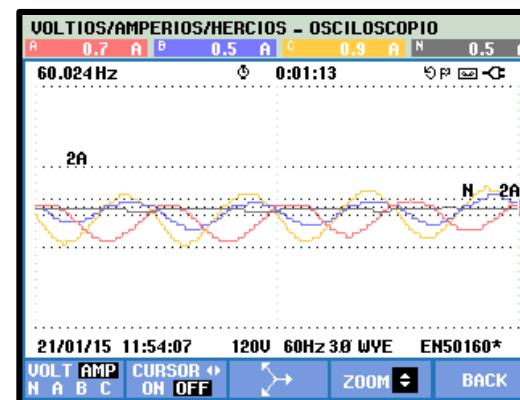


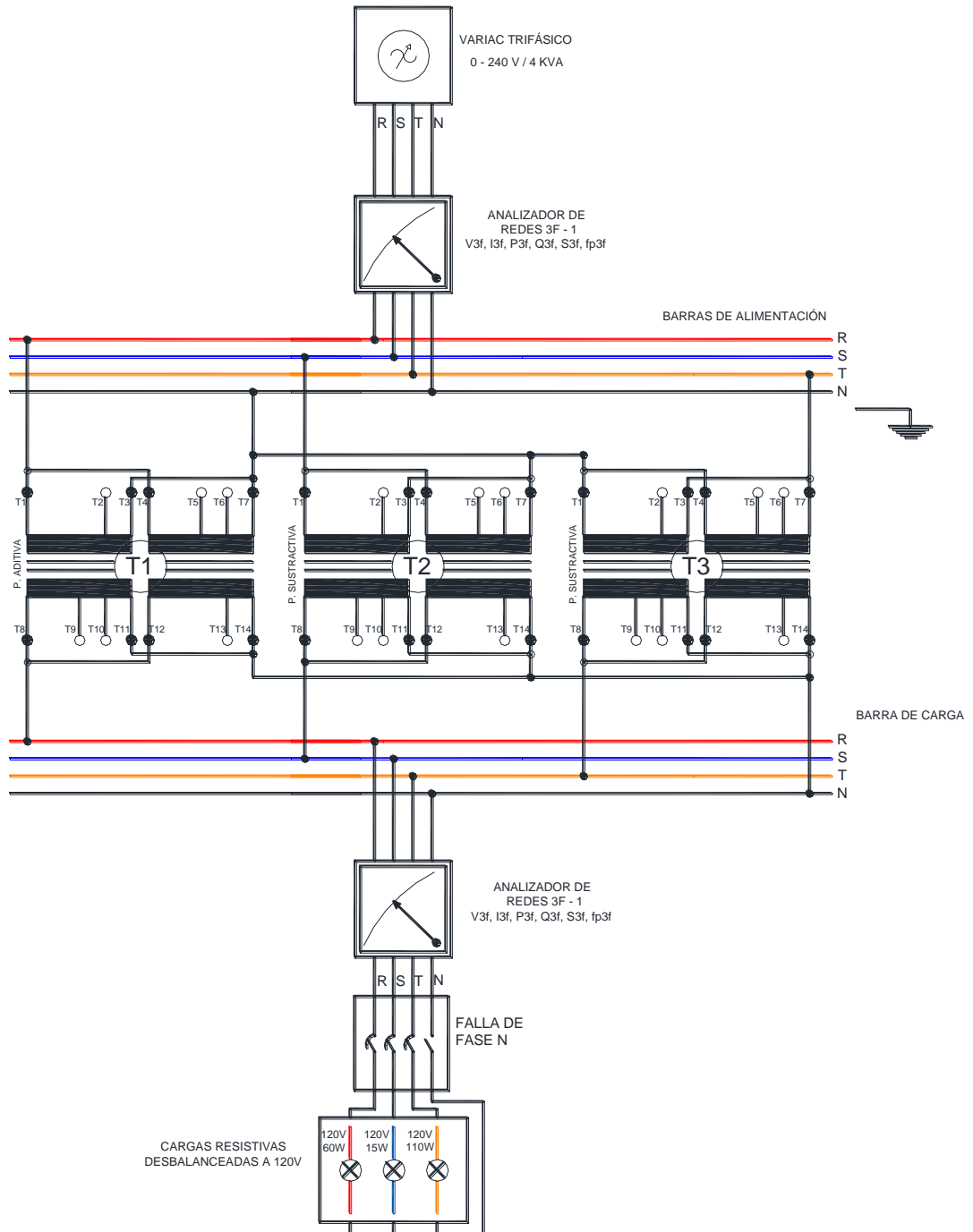
Figura 4.91: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-A - Práctica # 4

Fuente: Los autores

**PRUEBA No. 1-B: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y-Y SIN NEUTRO  
CON CARGA RESISTIVA EN Y DESBALANCEADA**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.92:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-B – Práctica # 4

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

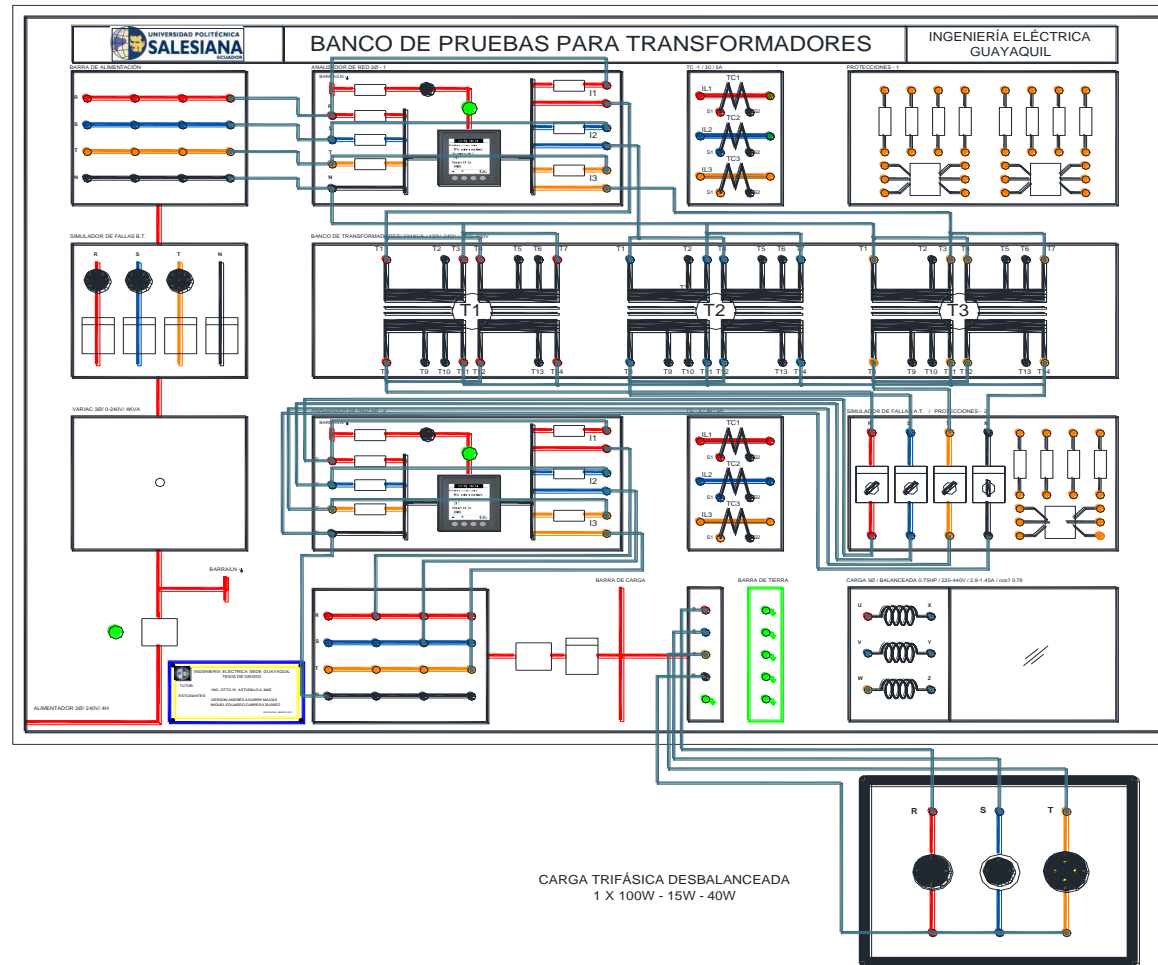


Figura 4.93: Diagrama de conexiones Prueba # 1-B – Práctica # 4



## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA NO.1-B: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y-Y SIN NEUTRO CON CARGA RESISTIVA EN Y DESBALANCEADA</b>				
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	
<b>V (R-S)</b>	95.7	<b>V (r-s)</b>	185.2	
<b>V (S-T)</b>	95.6	<b>V (s-t)</b>	184.9	
<b>V (T-R)</b>	94.3	<b>V (t-r)</b>	176.6	
<b>V (R-N)</b>	58.1	<b>V (r-n)</b>	117	
<b>V (S-N)</b>	54.6	<b>V (s-n)</b>	143.9	
<b>V (T-N)</b>	55.3	<b>V (t-n)</b>	65.14	
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	
<b>I1</b>	1.21	<b>I1</b>	0.58	
<b>I2</b>	0.69	<b>I2</b>	0.33	
<b>I3</b>	1.37	<b>I3</b>	0.67	
<b>IN</b>	0.01	<b>IN</b>	0.05	
<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P</b>	174.1	<b>P</b>	160.8	
<b>Q</b>	0	<b>Q</b>	0	
<b>S</b>	184.5	<b>S</b>	160.7	
<b>POTENCIAS POR FASE</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS POR FASE</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P1</b>	64	<b>P1</b>	68.3	
<b>P2</b>	37	<b>P2</b>	48.2	
<b>P3</b>	73.1	<b>P3</b>	44	
<b>PT</b>	174.1	<b>PT</b>	160.6	
<b>Q1</b>	29.1	<b>Q1</b>	0	
<b>Q2</b>	0	<b>Q2</b>	0	
<b>Q3</b>	0	<b>Q3</b>	0	
<b>QT</b>	0	<b>QT</b>	0	
<b>S1</b>	70.3	<b>S1</b>	68.3	
<b>S2</b>	37.9	<b>S2</b>	48.2	
<b>S3</b>	76.1	<b>S3</b>	44	
<b>ST</b>	184.3	<b>ST</b>	160.7	
<b>Fp1</b>	0.90	<b>Fp1</b>	0.99	
<b>Fp2</b>	0.97	<b>Fp2</b>	0.99	
<b>Fp3</b>	0.95	<b>Fp3</b>	0.99	
<b>FpT</b>	0.94	<b>FpT</b>	0.99	

**Tabla 30:** Valores medidores del sistema Y-Y sin neutro con carga desbalanceada resistiva en Y

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

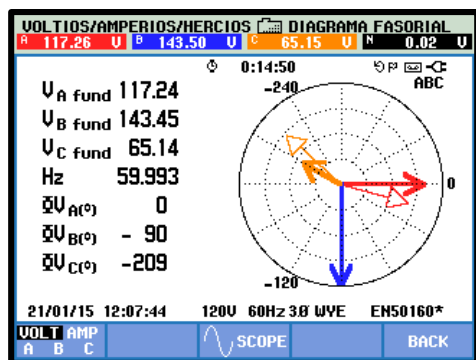


Figura 4.94: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 4

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

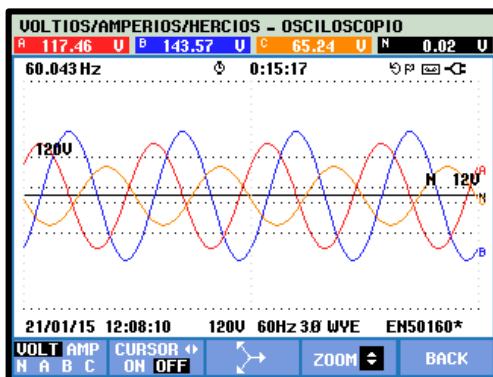


Figura 4.96: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 4

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

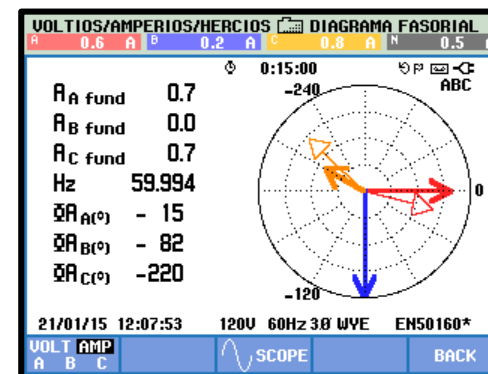


Figura 4.95: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-B - Práctica # 4

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

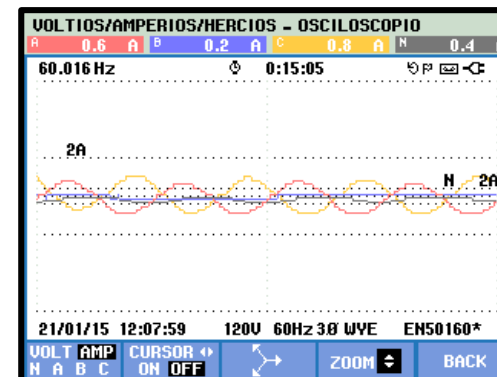



Figura 4.97: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-B - Práctica # 4

## CONCLUSIONES:

En esta prueba podemos observar lo siguiente:

- El ángulo del voltaje de fase retrasa  $30^\circ$  al voltaje de línea
- El voltaje de fase es voltaje línea entre  $\sqrt{3}$ .
- Las corrientes de fases son las mismas que las corrientes de líneas
  
- En la prueba 1-A
  - Por ser una carga desbalanceada la corriente del neutro aumenta considerablemente
  - En el diagrama fasorial vemos que, debido a que existe una carga resistiva, la onda de corriente está en fase con respecto a la onda de voltaje.
  
- En la prueba 1-B
  - Observamos que debido a que se ha retirado el conductor neutro, los voltajes de fase se desequilibran severamente, de ahí la importancia del neutro en las conexiones en estrella con cargas desbalanceadas.

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 7
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### 4.2.5. Práctica # 5

##### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 5**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

##### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** SIMULACIÓN DE FALLAS POR FASE ABIERTA EN LAS LÍNEAS DEL LADO PRIMARIO DEL SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y-Y CON CARGAS BALANCEADAS.

- b. **OBJETIVO GENERAL:**

Estudiar el comportamiento que tendrá el sistema de transformación trifásico Y-Y con cargas balanceadas, ante posibles eventos de fallas que pudieran suscitarse en las líneas de alimentación del sistema.

- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Realizar la conexión Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) a 240v conectada en estrella
2. Realizar la conexión Y-Y con carga balanceada resistiva a 240v conectada en estrella.
3. Simular la pérdida de la fase “R” del sistema del lado primario (BT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 2 de 7</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

4. Simular la pérdida de la fase “S” del sistema del lado primario (BT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
5. Simular la pérdida de la fase “T” del sistema del lado primario (BT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
6. Simular la pérdida del Neutro del sistema del lado primario (BT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
7. Simular la pérdida de las fases “RS” del sistema del lado primario (BT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
8. Simular la pérdida de las fases “ST” del sistema del lado primario (BT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
9. Simular la pérdida de las fases “TR” del sistema del lado primario (BT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados
10. Simular la pérdida del neutro del sistema del lado primario (BT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.

#### **d. MARCO TEÓRICO**

1. Tipos de fallas.
2. Fallas tipo serie.
3. Estudio de fallas.
4. Sistemas de transformación trifásica con carga balanceada.
5. Banco trifásico de transformadores conexión Y-Y.
6. Cargas inductivas y resistivas.
7. Diagramas fasoriales


	REVISIÓN 1/1	Página 3 de 7
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### e. PROCEDIMIENTO

1. Realizar la conexión trifásica Y–Y según el diagrama de conexiones.
2. Simular la pérdida de cada una de las fases del sistema utilizando el simulador de fallas de BT del banco de pruebas.
3. Observar el comportamiento de voltajes, corrientes y potencias en los analizadores de red 1 y 2 del banco después de la falla.
4. Realizar las mediciones indicadas, para completar cada una de las tablas propuestas de la práctica.
5. Registrar los cálculos realizados en cada prueba.
6. Realizar los diagramas fasoriales de las pruebas
7. Estudiar los resultados obtenidos y formular conclusiones
8. Generar el reporte de la práctica realizada.

#### f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Análisis del comportamiento del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectado en Y a 240 V ante fallas tipo serie del lado primario de los transformadores (BT).
  - **Prueba No.1-A:** Simulación de pérdida de fase “R” en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-B:** Simulación de pérdida de fase “S” en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en

	REVISIÓN 1/1	Página 4 de 7
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	


y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.

- **Prueba No.1-C:** Simulación de pérdida de fase “T” en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-D:** Simulación de pérdida de fase “RS” respectivamente, en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-E:** Simulación de pérdida de fase “ST” respectivamente, en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-F:** Simulación de pérdida de fase “TR” respectivamente, en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-G:** Simulación la pérdida del neutro, en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
3. Análisis del comportamiento del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectado en Y a 240 V ante fallas tipo serie del lado primario de los transformadores (BT).

	REVISIÓN 1/1	Página 5 de 7
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

- **Prueba No.1-A:** Simulación de pérdida de fase “R” en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-B:** Simulación de pérdida de fase “S” en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-C:** Simulación de pérdida de fase “T” en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-D:** Simulación de pérdida de fase “RS” respectivamente, en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-E:** Simulación de pérdida de fase “ST” respectivamente, en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-F:** Simulación de pérdida de fase “TR” respectivamente, en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- a. **Prueba No.1-G:** Simulación la pérdida del neutro, en el lado primario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.




	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 6 de 7</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

#### **b. RECURSOS**

1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Carga resistiva  $3 \times 100\Omega / 250V$
3. Diagramas eléctricos para pruebas.
4. Diagramas de conexión para pruebas.
5. Equipos para medición.
6. Osciloscopio.
7. Cables de conexión.
8. Tablas de la para registro de resultados.

#### **c. REGISTRO DE RESULTADOS**

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. TABLA No.1-A</li> <li>2. TABLA No.1-B</li> <li>3. TABLA No.1-C</li> <li>4. TABLA No.1-D</li> <li>5. TABLA No.1-E</li> <li>6. TABLA No.1-F</li> <li>7. TABLA No.1-G</li> <li>8. TABLA No.2-A</li> <li>9. TABLA No.2-B</li> <li>10. TABLA No.2-C</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>11. TABLA No.2-D</li> <li>12. TABLA No.2-E</li> <li>13. TABLA No.2-F</li> <li>14. TABLA No.2-G</li> </ol> |
|---|--|

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 7 de 7</i>
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	<b>TRANSFORMADORES</b>	
CARRERA	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
SEDE	<b>GUAYAQUIL</b>	

**d. CUESTIONARIO**

- 1.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases RS del lado primario (BT) con carga balanceada?
- 2.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases ST del lado primario (BT) con carga balanceada?
- 3.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases TR del lado primario (BT) con carga balanceada?

**e. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

1. CHAPMAN, STEPHEN J., MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MC GRAW HILL, 2012

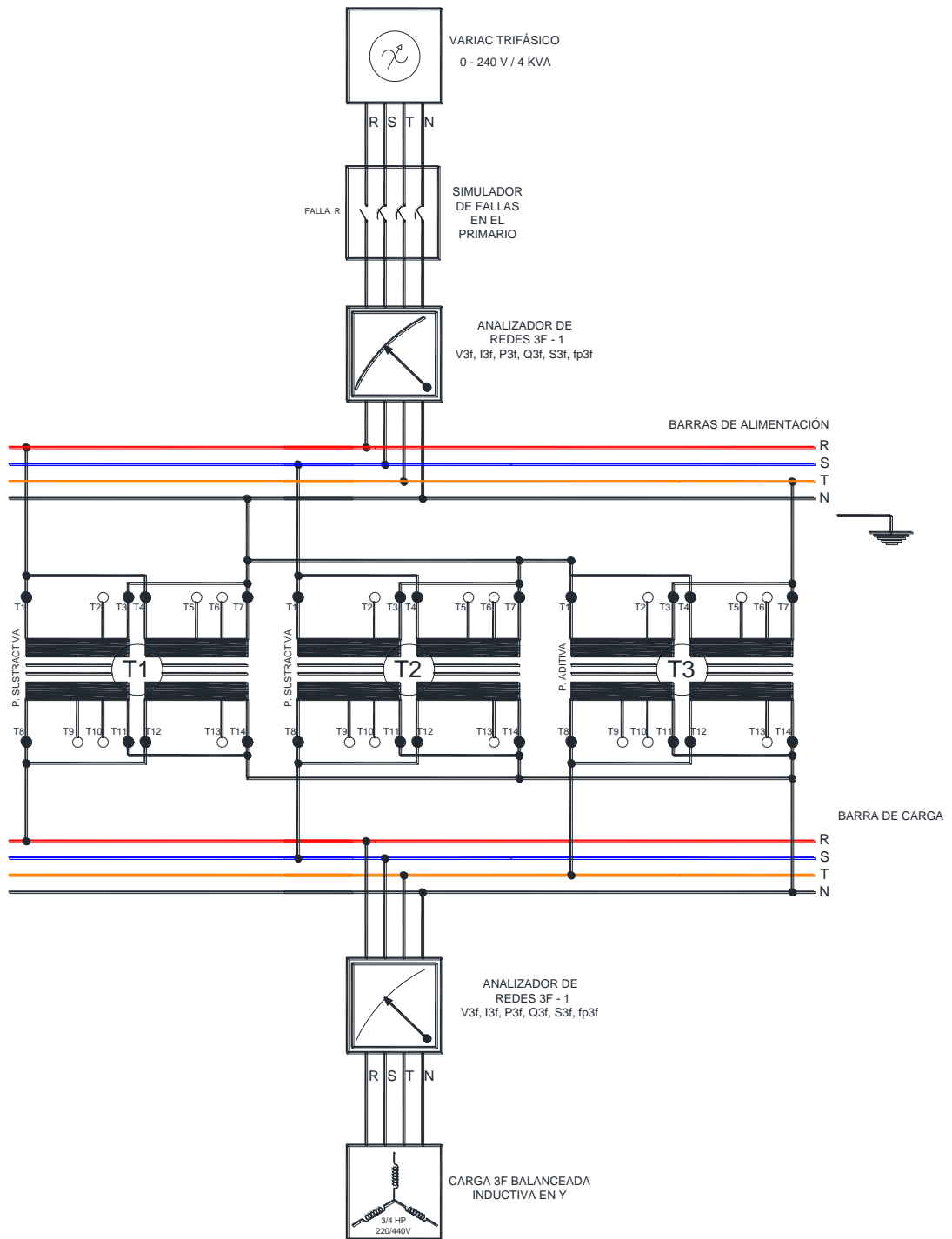
**f. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente

**PRUEBA No.1-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA  
INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.98:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

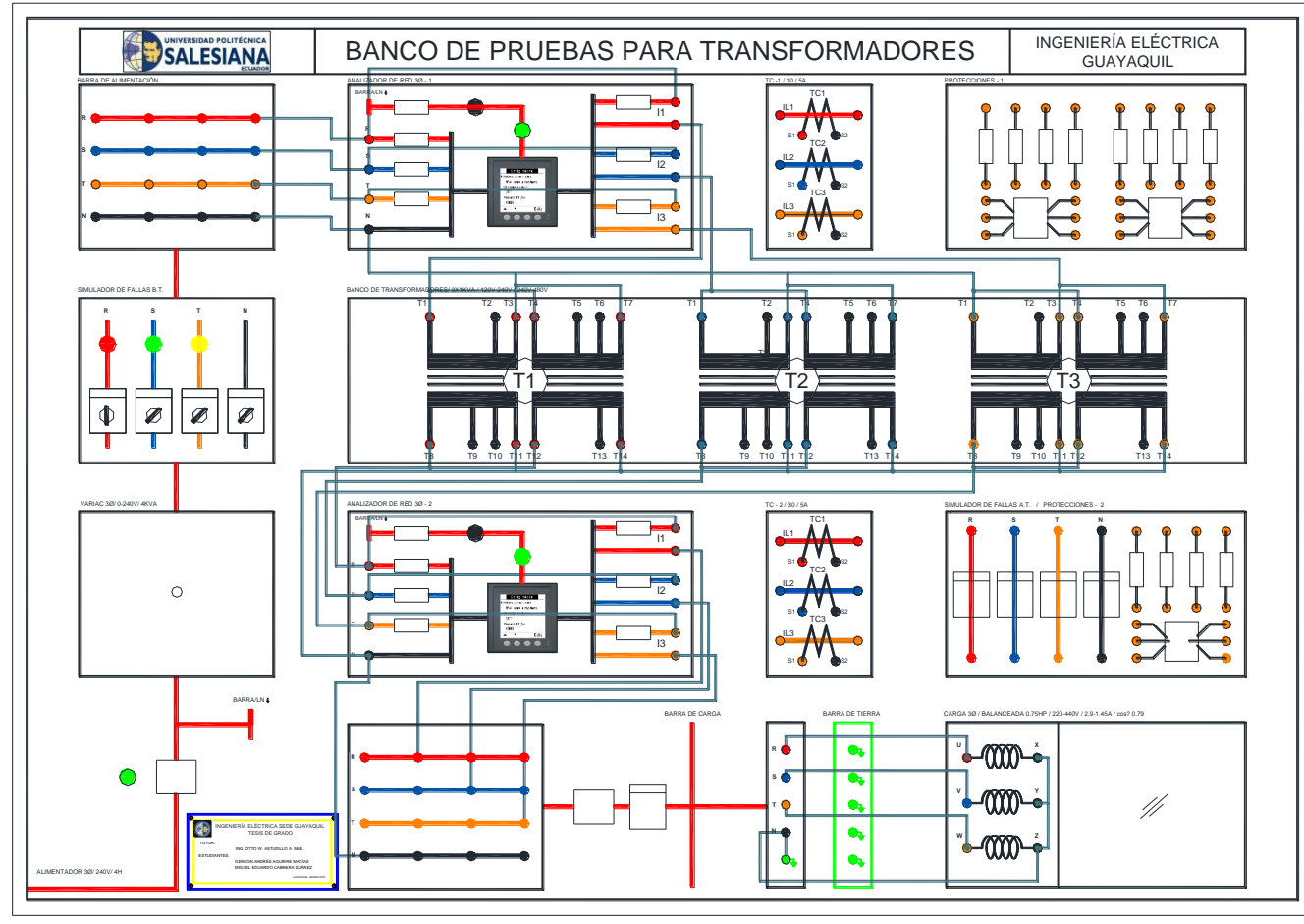


Figura 4.99: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 5

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “R”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	239.6	<b>V (r-s)</b>	121.4	<b>V (R-S)</b>	220.6
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (S-T)</b>	239.7	<b>V (s-t)</b>	121.1	<b>V (S-T)</b>	240.4
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (T-R)</b>	237.4	<b>V (t-r)</b>	119.6	<b>V (T-R)</b>	212.5
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(R-N)</b>	136.6	<b>V (r-n)</b>	55.5	<b>V (R-N)</b>	110.9
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(S-N)</b>	139.1	<b>V (s-n)</b>	70.4	<b>V (S-N)</b>	140.1
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(T-N)</b>	137.7	<b>V (t-n)</b>	69.3	<b>V (T-N)</b>	137.1
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>IR</b>	0.35	<b>Ir</b>	0	<b>IR</b>	0.07
<b>Is</b>	1	<b>IS</b>	0.42	<b>Is</b>	1.33	<b>IS</b>	0.58
<b>It</b>	0.92	<b>IT</b>	0.38	<b>It</b>	1.28	<b>IT</b>	0.56
<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.07	<b>In</b>	1.37	<b>IN</b>	0.67
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	33.2	<b>PT</b>	67.9	<b>PT</b>	40.6
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	156	<b>QT</b>	169.8	<b>QT</b>	146.6
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	159	<b>ST</b>	182.9	<b>ST</b>	168.5
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20	<b>FpT</b>	0.36	<b>FpT</b>	0.24

**Tabla 31:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase R en el primario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA R

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

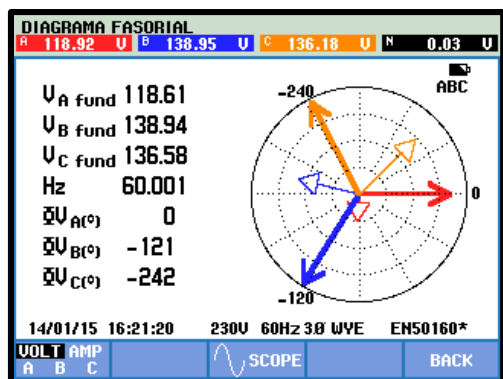


Figura 4.100: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-A - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

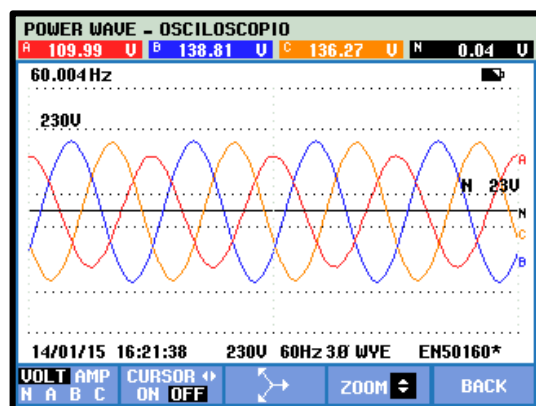


Figura 4.102: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-A - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

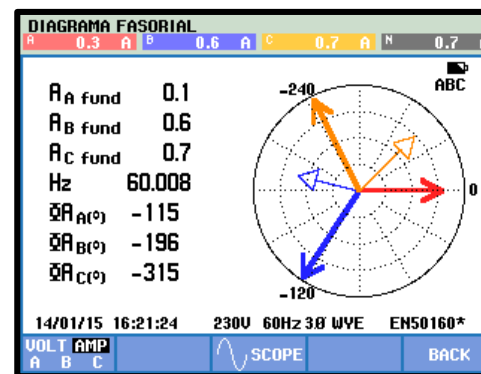


Figura 4.101: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-A - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

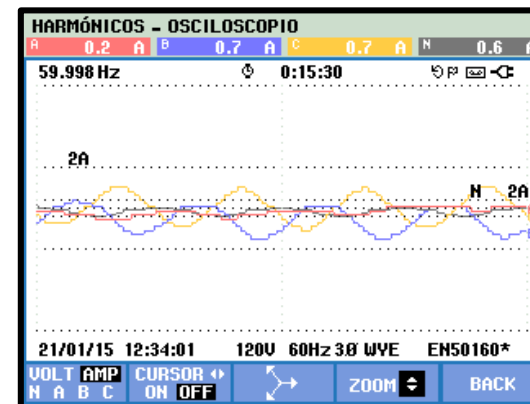


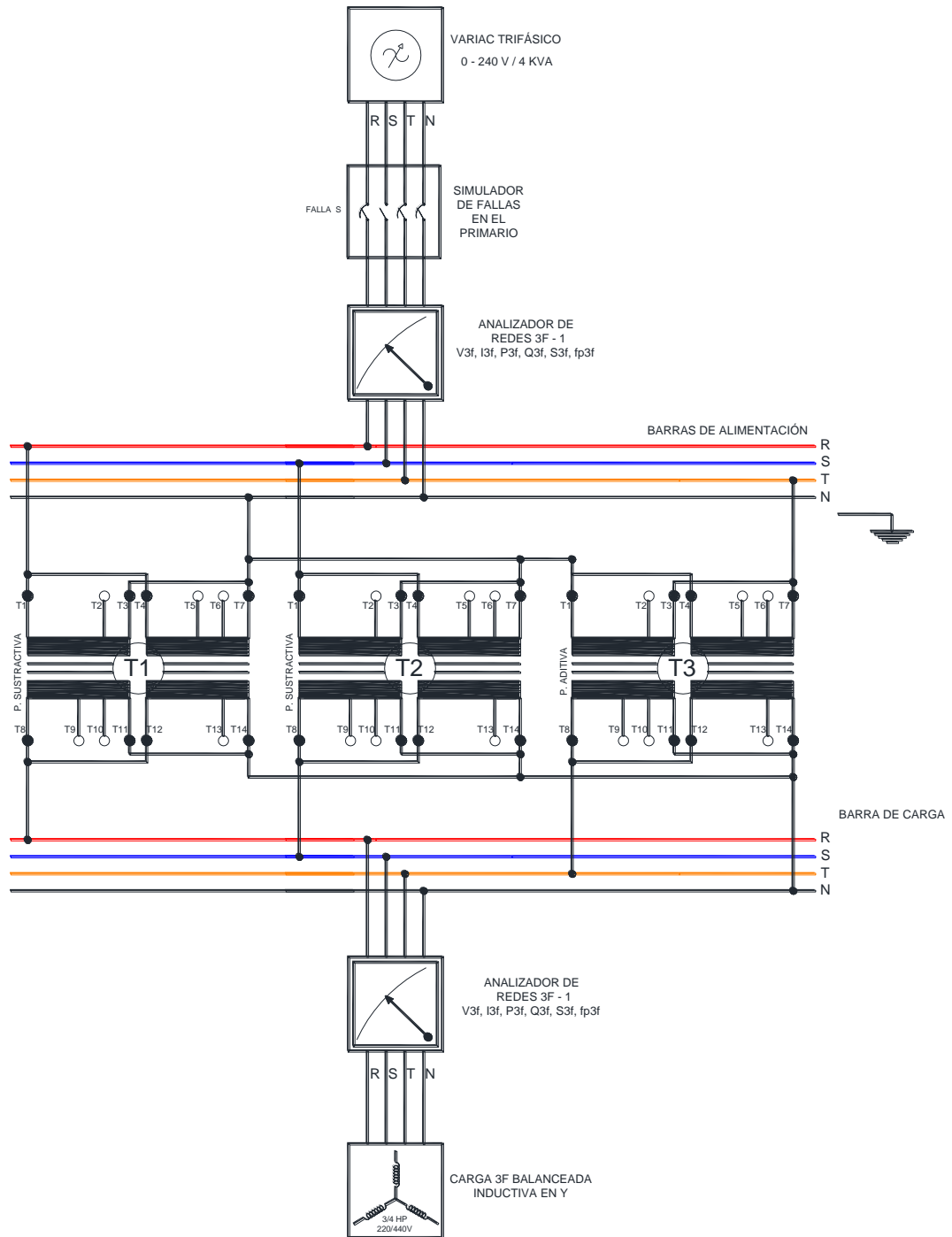
Figura 4.103: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-A - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.1-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN Y A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.104:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-B – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

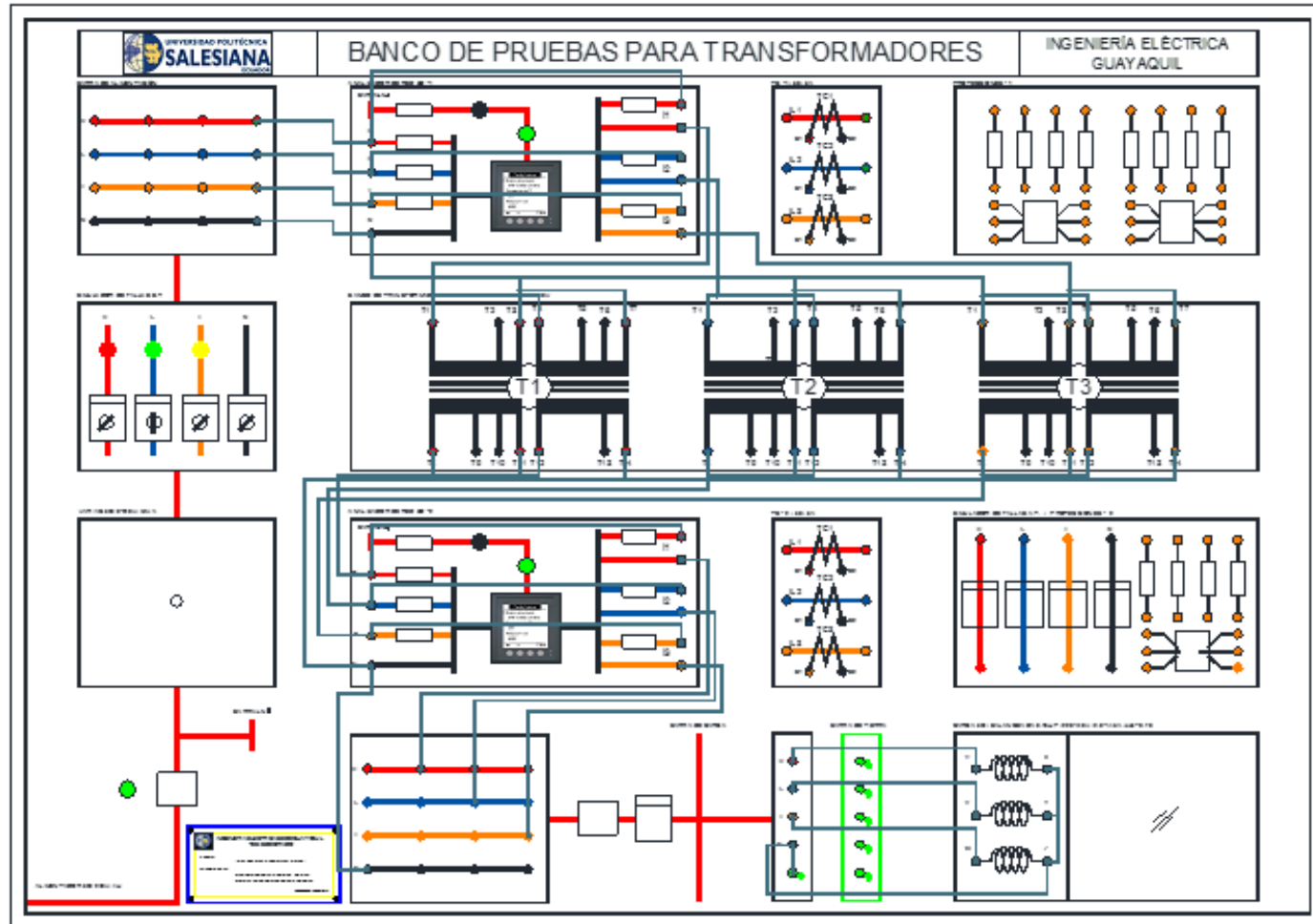


Figura 4.105: Diagrama de conexiones Prueba # 1-B – Práctica # 5



## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “S”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	239.6	<b>V (r-s)</b>	105.4	<b>V (R-S)</b>	210.3
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (S-T)</b>	239.7	<b>V (s-t)</b>	108.8	<b>V (S-T)</b>	216.5
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (T-R)</b>	237.4	<b>V (t-r)</b>	119	<b>V (T-R)</b>	236.1
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(R-N)</b>	136.6	<b>V (r-n)</b>	68.8	<b>V (R-N)</b>	135.9
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(S-N)</b>	139.1	<b>V (s-n)</b>	54.3	<b>V (S-N)</b>	108.9
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(T-N)</b>	137.7	<b>V (t-n)</b>	69	<b>V (T-N)</b>	137.3
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>IR</b>	0.35	<b>Ir</b>	1.3	<b>IR</b>	0.56
<b>Is</b>	1	<b>IS</b>	0.42	<b>Is</b>	0	<b>IS</b>	0.07
<b>It</b>	0.92	<b>IT</b>	0.38	<b>It</b>	1.28	<b>IT</b>	0.56
<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.07	<b>In</b>	1.39	<b>IN</b>	0.68
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	33.2	<b>PT</b>	67.5	<b>PT</b>	41.1
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	156	<b>QT</b>	165.5	<b>QT</b>	142.1
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	159	<b>ST</b>	178.9	<b>ST</b>	163.3
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20	<b>FpT</b>	0.37	<b>FpT</b>	0.24

**Tabla 32:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase S en el primario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA S

**DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE**

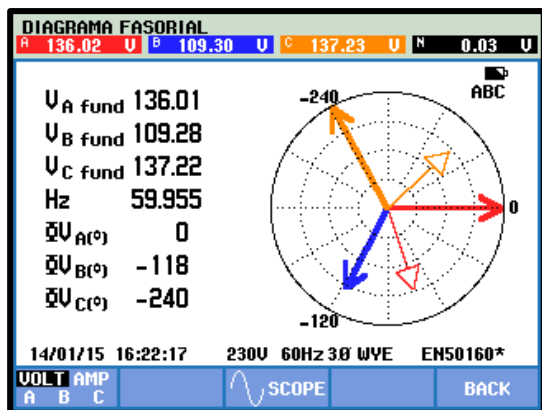


Figura 4.106: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 5

**DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE**

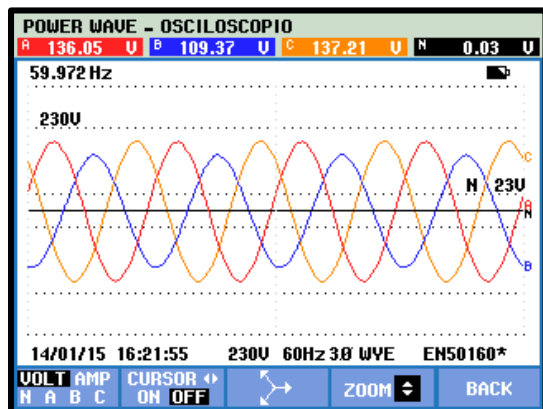


Figura 4.108: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-B - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES**

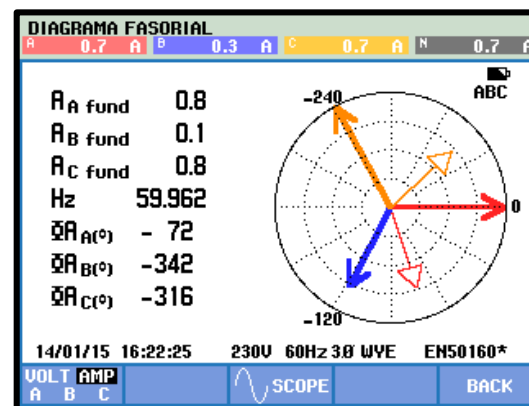


Figura 4.107: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-B - Práctica # 5

**DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES**

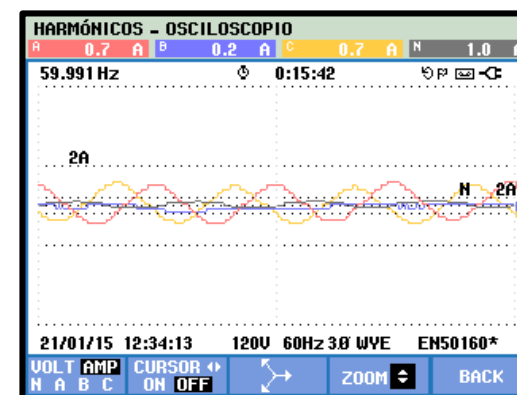


Figura 4.109: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-B - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.1-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores

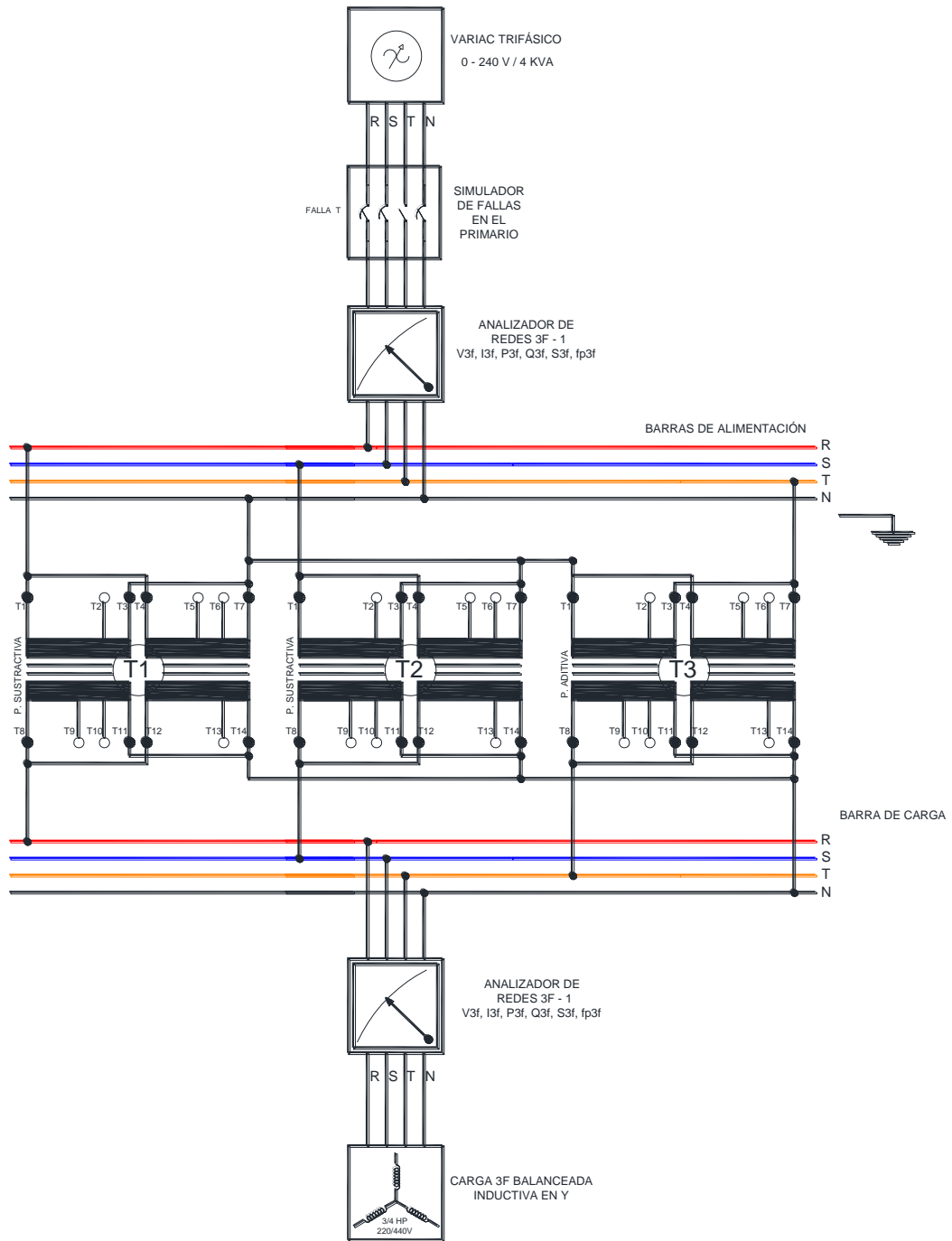


Figura 4.110: Diagrama eléctrico Prueba # 1-C – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

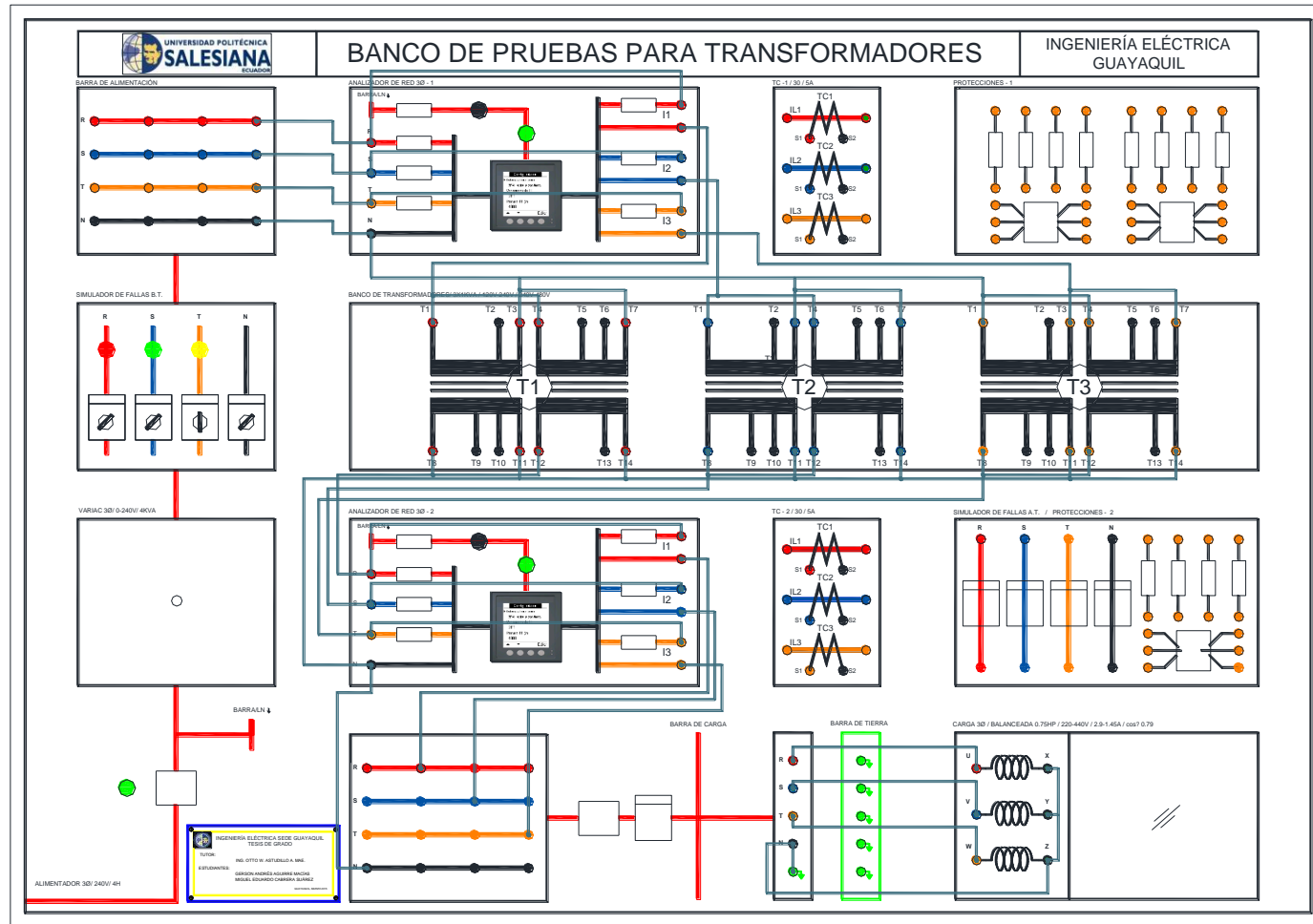


Figura 4.111: Diagrama de conexiones Prueba # 1-C – Práctica # 5

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “T”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	239.6	<b>V (r-s)</b>	120.6	<b>V (R-S)</b>	238.9
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (S-T)</b>	239.7	<b>V (s-t)</b>	93.8	<b>V (S-T)</b>	188.6
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (T-R)</b>	237.4	<b>V (t-r)</b>	101.1	<b>V (T-R)</b>	199.6
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(R-N)</b>	136.6	<b>V (r-n)</b>	69.07	<b>V (R-N)</b>	135.8
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(S-N)</b>	139.1	<b>V (s-n)</b>	70.2	<b>V (S-N)</b>	140.1
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(T-N)</b>	137.7	<b>V (t-n)</b>	42	<b>V (T-N)</b>	84.48
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>IR</b>	0.35	<b>Ir</b>	<b>1.4</b>	<b>IR</b>	0.61
<b>Is</b>	1	<b>IS</b>	0.42	<b>Is</b>	<b>1.4</b>	<b>IS</b>	0.64
<b>It</b>	0.92	<b>IT</b>	0.38	<b>It</b>	<b>0</b>	<b>IT</b>	0.06
<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.07	<b>In</b>	<b>0.1</b>	<b>IN</b>	0.005
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	33.2	<b>PT</b>	72.5	<b>PT</b>	47.8
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	156	<b>QT</b>	155.5	<b>QT</b>	133.8
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	159	<b>ST</b>	195.4	<b>ST</b>	178.9
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20	<b>FpT</b>	0.36	<b>FpT</b>	0.26

**Tabla 33:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase T en el primario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA T

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

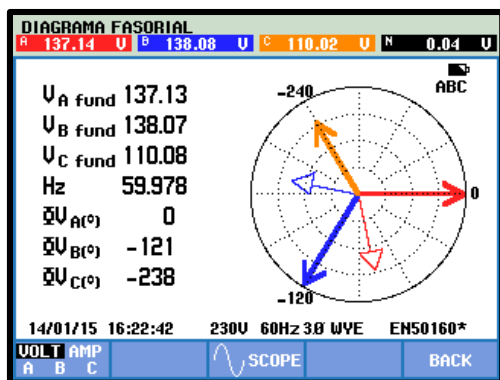


Figura 4.112: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-C - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

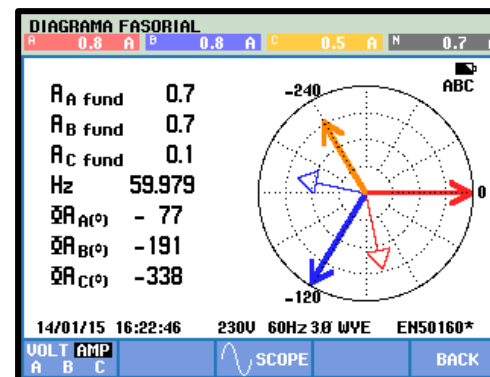


Figura 4.113: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-C - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

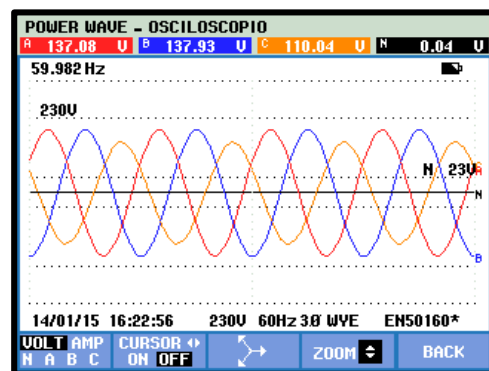


Figura 4.114: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-C - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

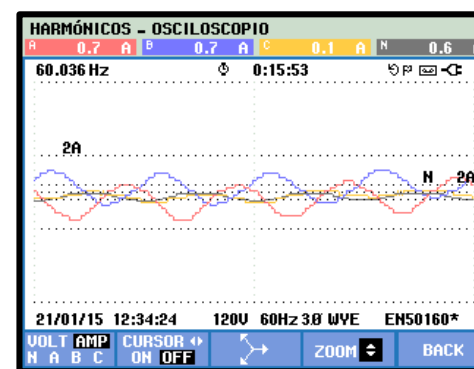
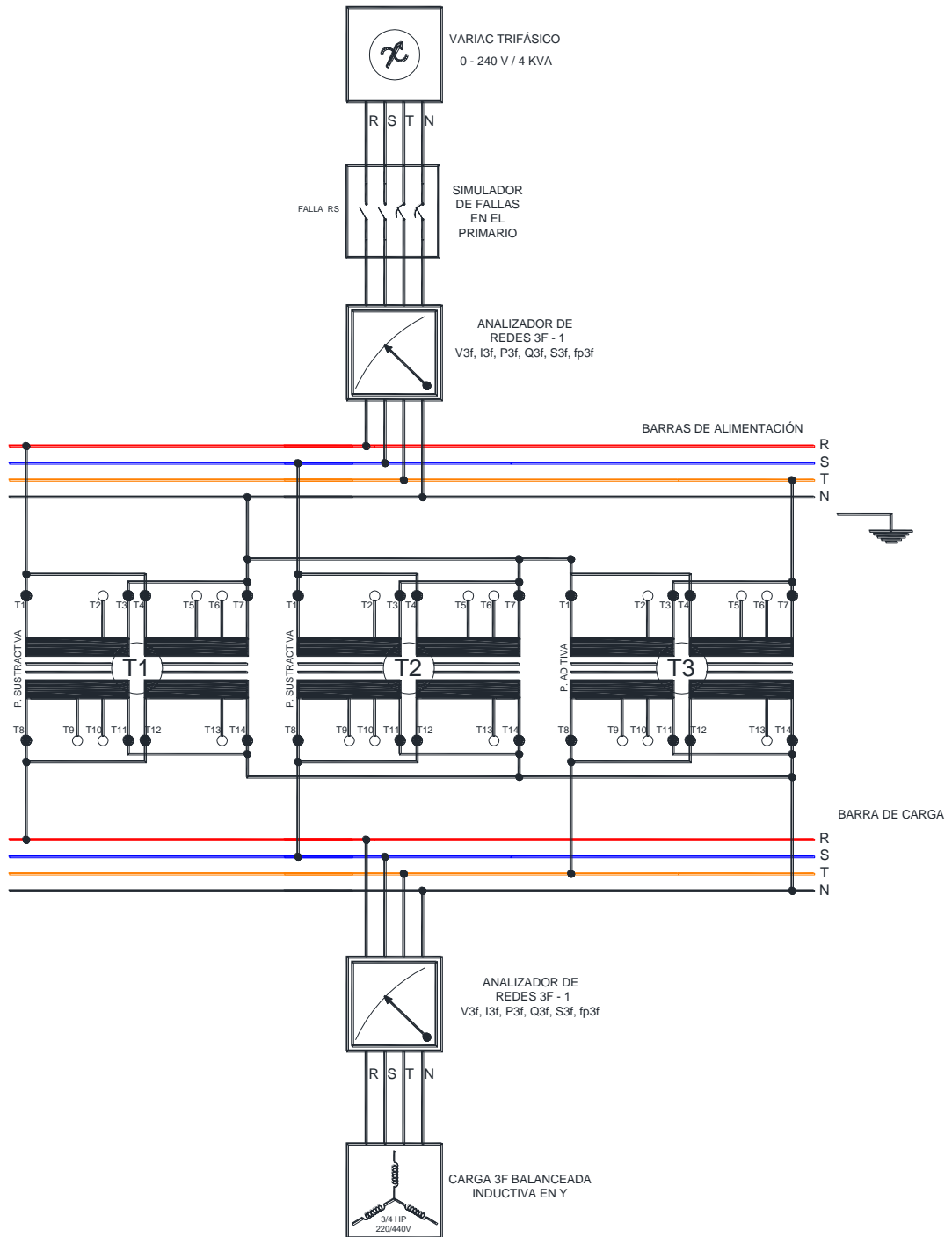


Figura 4.115: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-C - Práctica # 5

**PRUEBA No.1-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “RS” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.116: Diagrama eléctrico Prueba # 1-D – Práctica # 5**

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

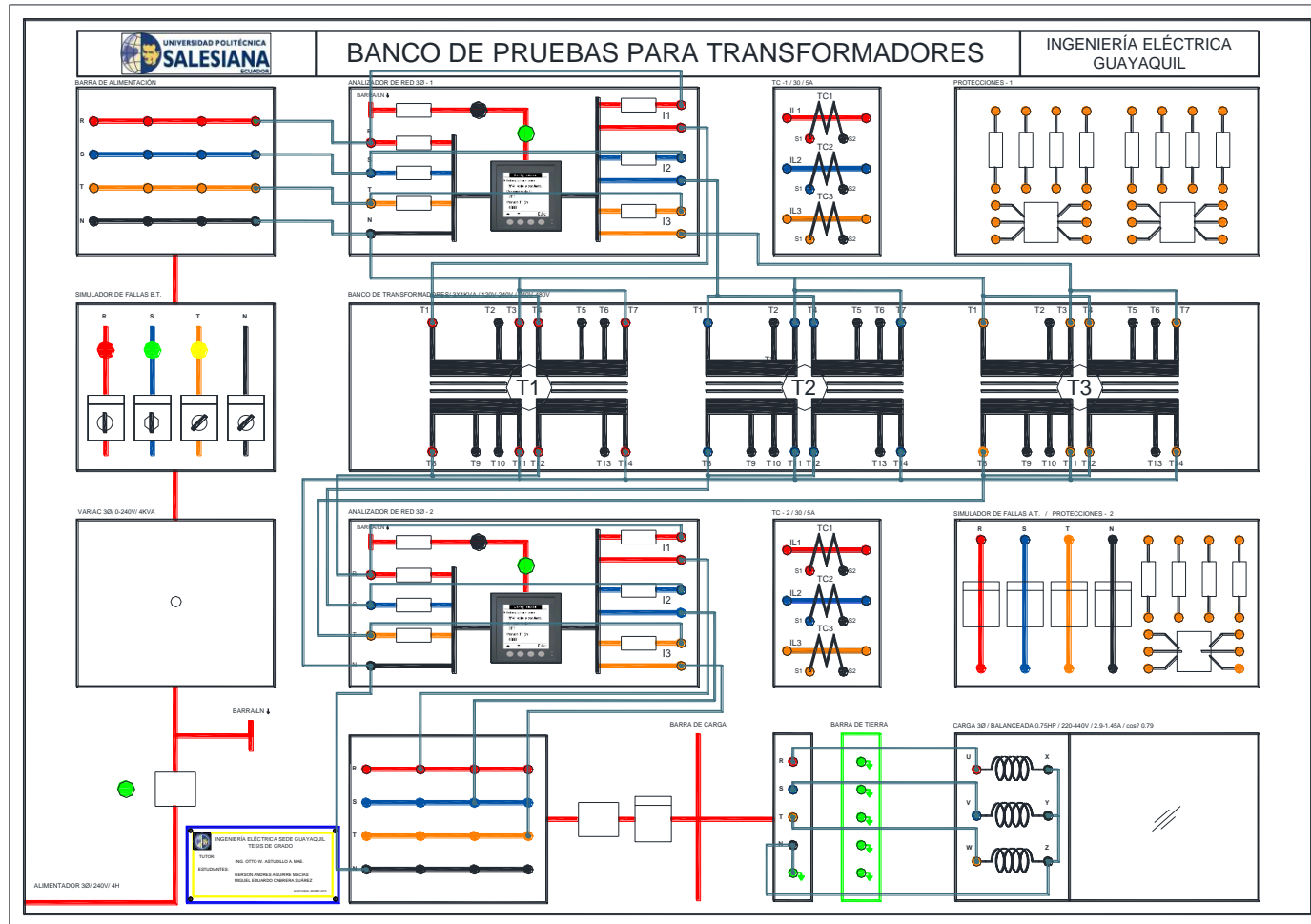


Figura 4.117: Diagrama de conexiones Prueba # 1-D – Práctica # 5



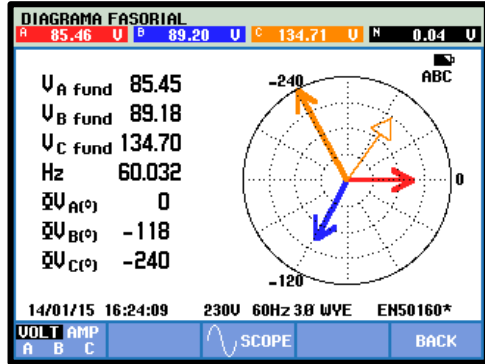
## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “RS”, EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “RS”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	239.6	<b>V (r-s)</b>	73.9	<b>V (R-S)</b>	148.2
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (S-T)</b>	239.7	<b>V (s-t)</b>	99.3	<b>V (S-T)</b>	196.1
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (T-R)</b>	237.4	<b>V (t-r)</b>	96	<b>V (T-R)</b>	191
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(R-N)</b>	136.6	<b>V (r-n)</b>	42.5	<b>V (R-N)</b>	84.7
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(S-N)</b>	139.1	<b>V (s-n)</b>	43.7	<b>V (S-N)</b>	88.1
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(T-N)</b>	137.7	<b>V (t-n)</b>	68.2	<b>V (T-N)</b>	134.1
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>IR</b>	0.35	<b>Ir</b>	0	<b>IR</b>	0.06
<b>Is</b>	1	<b>IS</b>	0.42	<b>Is</b>	0	<b>IS</b>	0.06
<b>It</b>	0.92	<b>IT</b>	0.38	<b>It</b>	2.17	<b>IT</b>	1
<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.07	<b>In</b>	2.17	<b>IN</b>	1.06
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	33.2	<b>PT</b>	74.3	<b>PT</b>	53.2
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	156	<b>QT</b>	128.6	<b>QT</b>	112.1
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	159	<b>ST</b>	148.3	<b>ST</b>	146.2
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20	<b>FpT</b>	0.49	<b>FpT</b>	0.36

**Tabla 34:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase RS en el primario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA RS

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE



Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

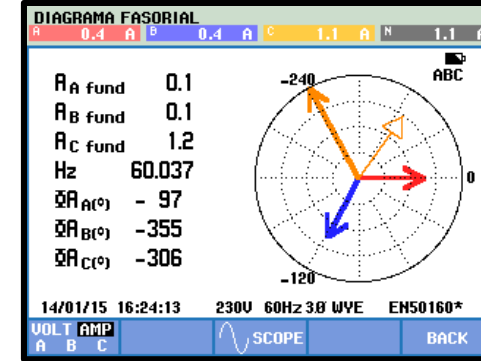
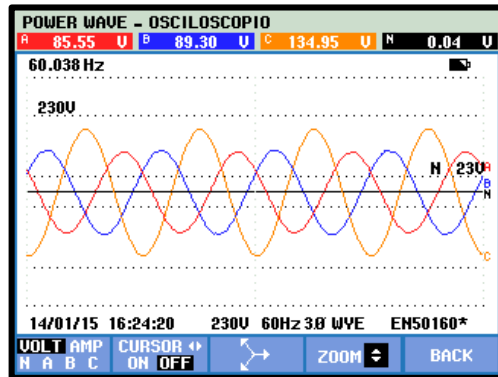


Figura 4.118: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-D - Práctica # 5

Figura 4.119: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-D - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE



Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

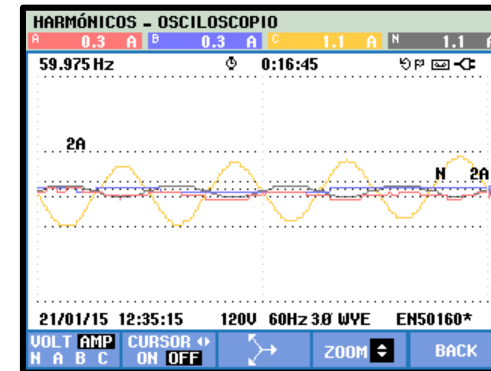


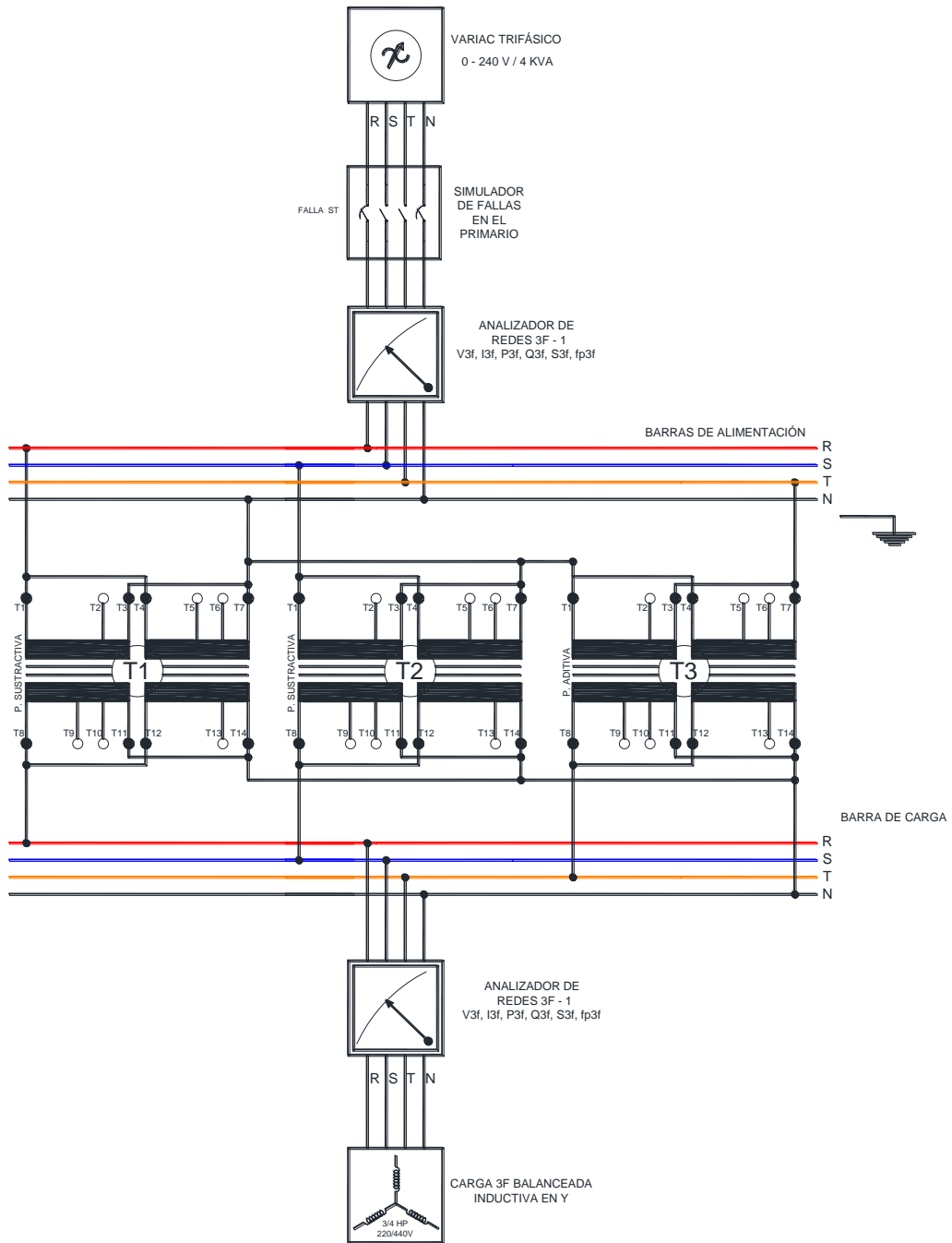
Figura 4.120: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-D - Práctica # 5

Figura 4.121: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-D - Práctica # 5

**PRUEBA No.1-E: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “ST” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.122:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-E – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

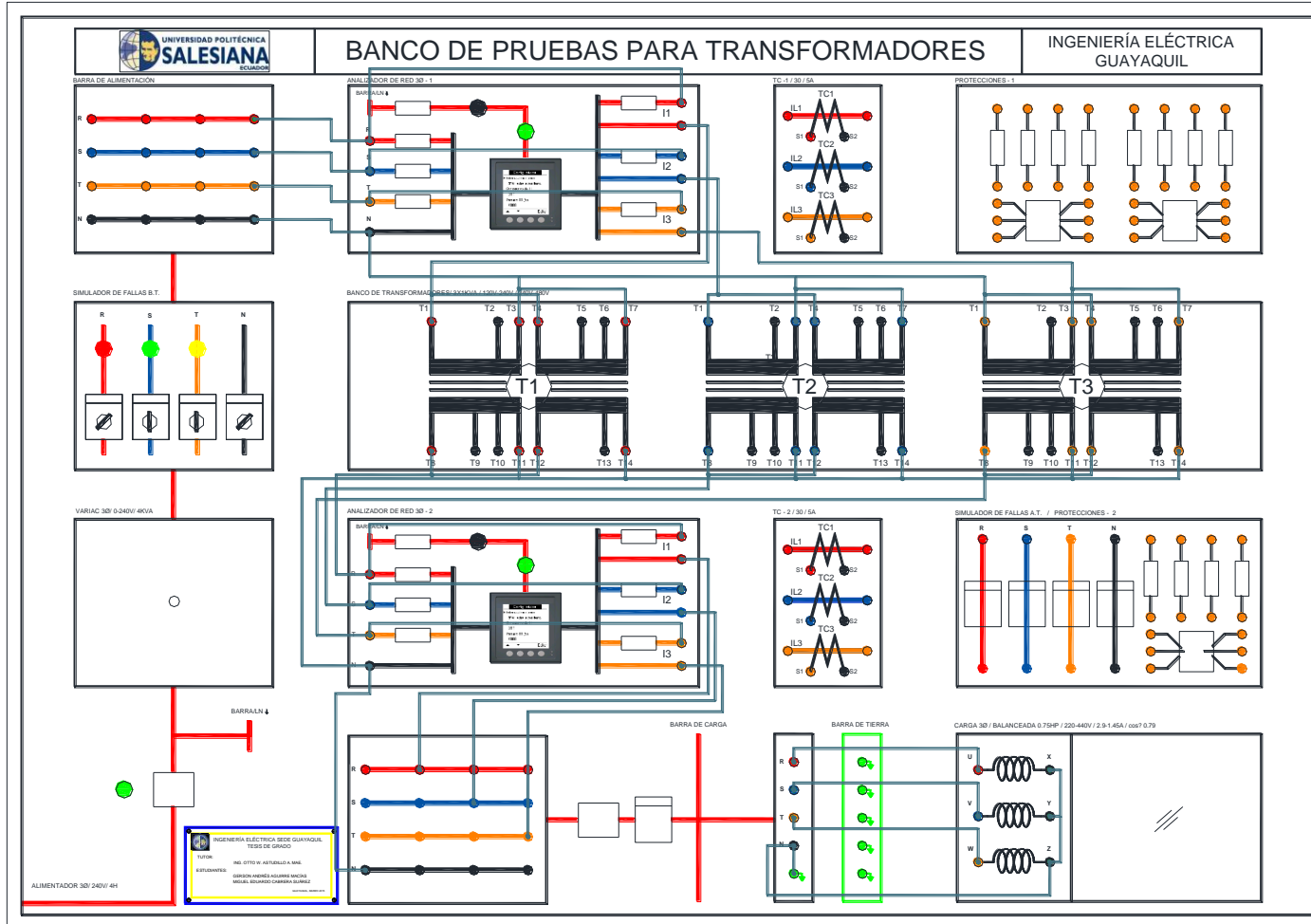


Figura 4.123: Diagrama de conexiones Prueba # 1-E – Práctica # 5

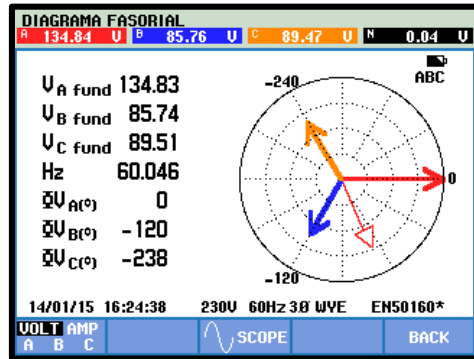
## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-E: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “ST”, EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “ST”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	239.6	<b>V (r-s)</b>	96.1	<b>V (R-S)</b>	190.1
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (S-T)</b>	239.7	<b>V (s-t)</b>	74.3	<b>V (S-T)</b>	148.9
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (T-R)</b>	237.4	<b>V (t-r)</b>	99.8	<b>V (T-R)</b>	196.5
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(R-N)</b>	136.6	<b>V (r-n)</b>	69.5	<b>V (R-N)</b>	134.2
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(S-N)</b>	139.1	<b>V (s-n)</b>	42.5	<b>V (S-N)</b>	84.9
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(T-N)</b>	137.7	<b>V (t-n)</b>	44.1	<b>V (T-N)</b>	88.8
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>IR</b>	0.35	<b>Ir</b>	2.16	<b>IR</b>	0.99
<b>Is</b>	1	<b>IS</b>	0.42	<b>Is</b>	0	<b>IS</b>	0.06
<b>It</b>	0.92	<b>IT</b>	0.38	<b>It</b>	0	<b>IT</b>	0.06
<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.07	<b>In</b>	2.16	<b>IN</b>	1.06
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	33.2	<b>PT</b>	73	<b>PT</b>	52.2
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	156	<b>QT</b>	128.7	<b>QT</b>	111.8
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	159	<b>ST</b>	148.1	<b>ST</b>	145
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20	<b>FpT</b>	0.49	<b>FpT</b>	0.36

**Tabla 35:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase ST en el primario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA ST

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE



Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

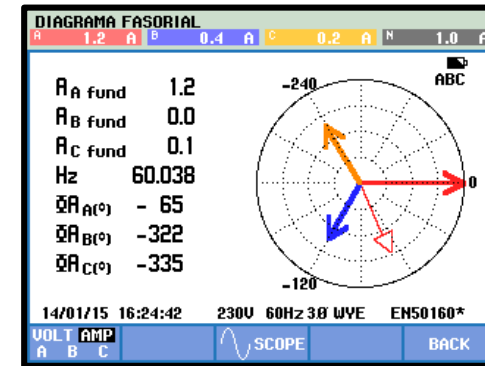


Figura 4.125: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-E - Práctica # 5

Figura 4.124: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-E - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

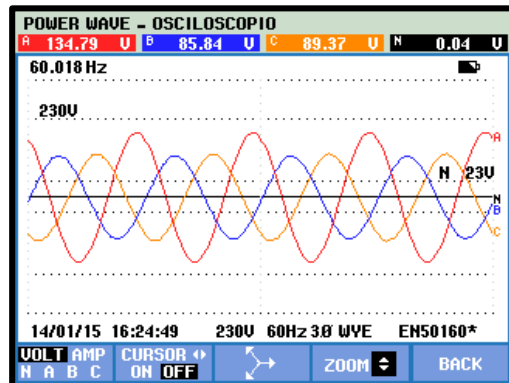


Figura 4.126: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-E - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

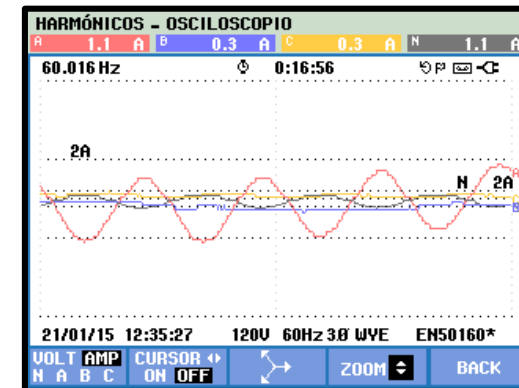
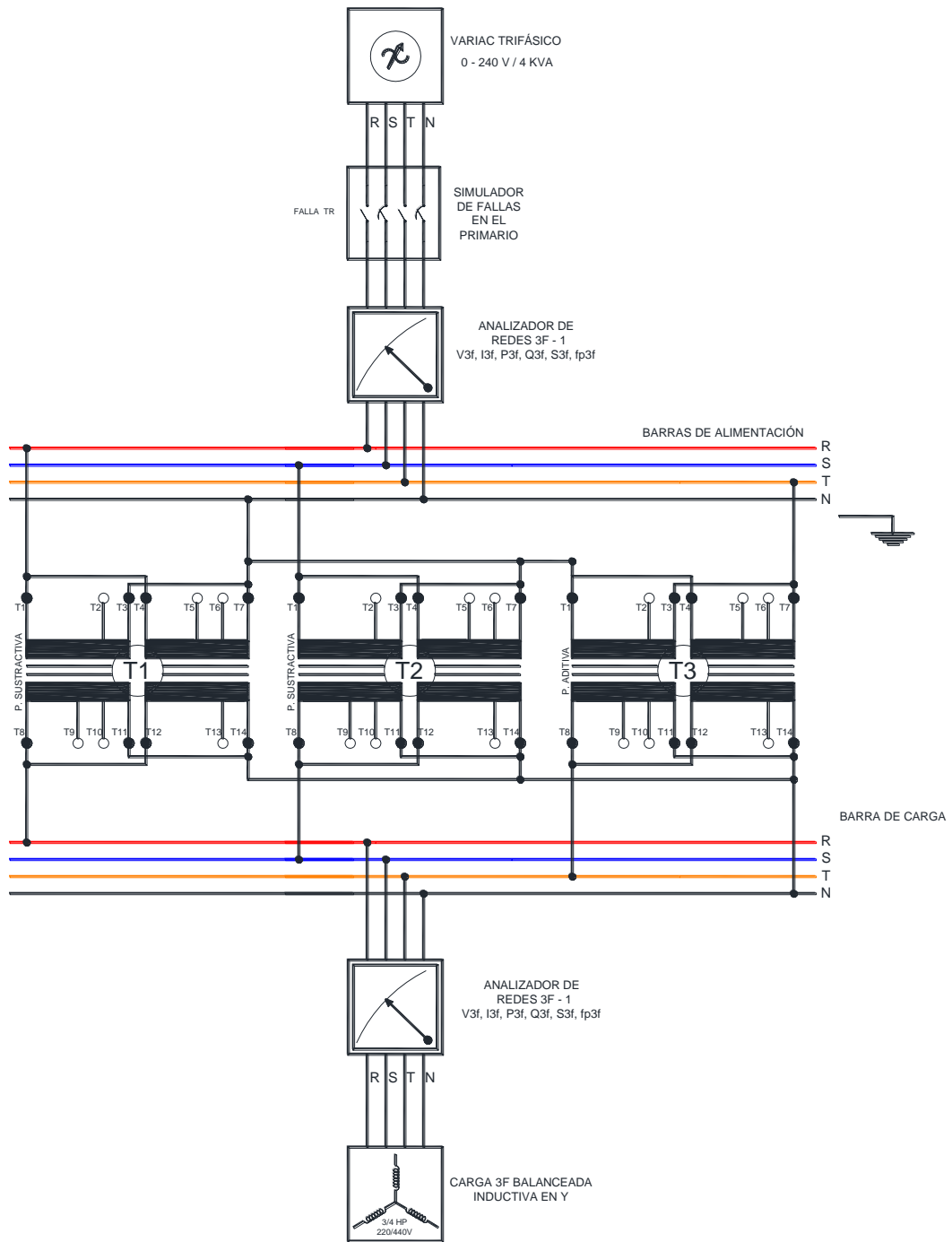


Figura 4.127: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-E - Práctica # 5

**PRUEBA No.1-F: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “TR” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

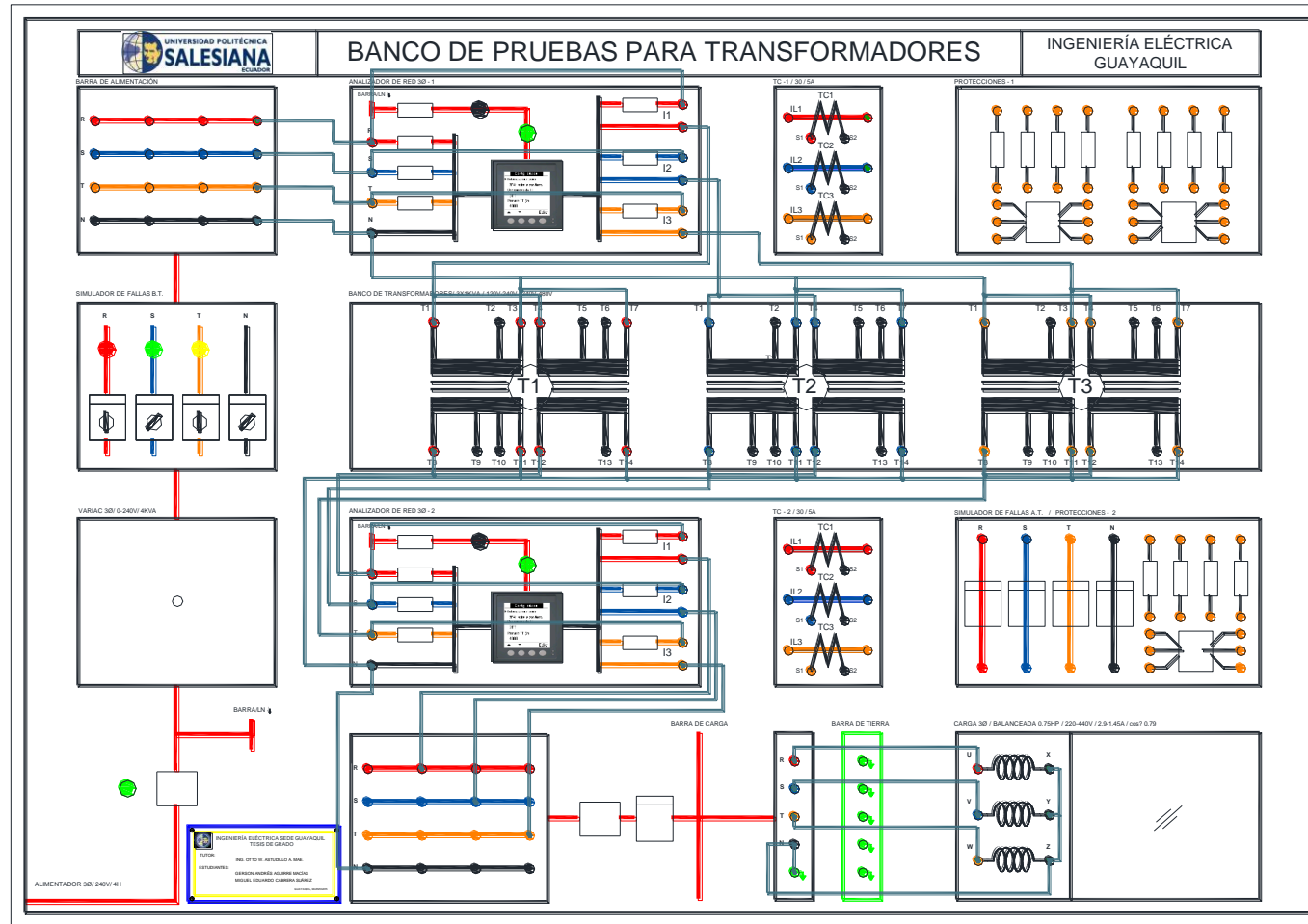
Fuente: Los autores



**Figura 4.128:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-F – Práctica # 5

## DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores



**Figura 4.129:** Diagrama de conexiones Prueba # 1-F – Práctica # 5



## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-F: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “TR”, EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “TR”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	239.6	<b>V (r-s)</b>	100.8	<b>V (R-S)</b>	199.3
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (S-T)</b>	239.7	<b>V (s-t)</b>	97.1	<b>V (S-T)</b>	193.5
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (T-R)</b>	237.4	<b>V (t-r)</b>	75.5	<b>V (T-R)</b>	150.7
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(R-N)</b>	136.6	<b>V (r-n)</b>	44.8	<b>V (R-N)</b>	89.8
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(S-N)</b>	139.1	<b>V (s-n)</b>	69	<b>V (S-N)</b>	135.8
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(T-N)</b>	137.7	<b>V (t-n)</b>	43	<b>V (T-N)</b>	86.4
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>IR</b>	0.35	<b>Ir</b>	0	<b>IR</b>	0.06
<b>Is</b>	1	<b>IS</b>	0.42	<b>Is</b>	2.18	<b>IS</b>	1
<b>It</b>	0.92	<b>IT</b>	0.38	<b>It</b>	0	<b>IT</b>	0.06
<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.07	<b>In</b>	2.18	<b>IN</b>	1
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	33.2	<b>PT</b>	73.8	<b>PT</b>	52.8
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	156	<b>QT</b>	131.6	<b>QT</b>	114.4
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	159	<b>ST</b>	150.8	<b>ST</b>	148.3
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20	<b>FpT</b>	0.48	<b>FpT</b>	0.35

**Tabla 36:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase TR en el primario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA TR

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

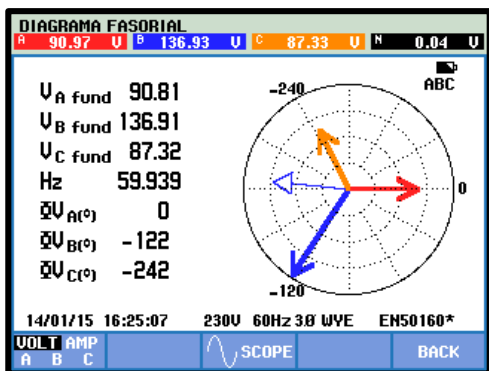


Figura 4.130: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-F - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

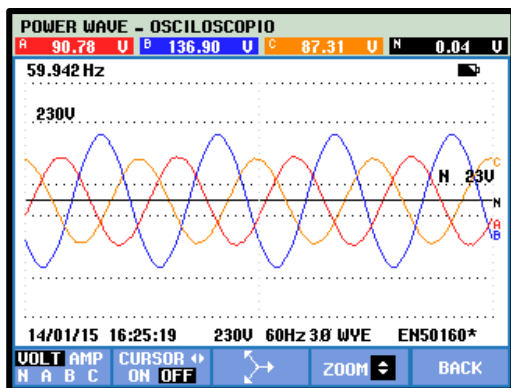


Figura 4.132: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-F - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

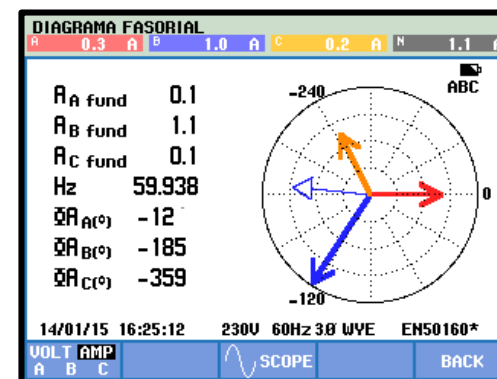


Figura 4.131: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-F - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

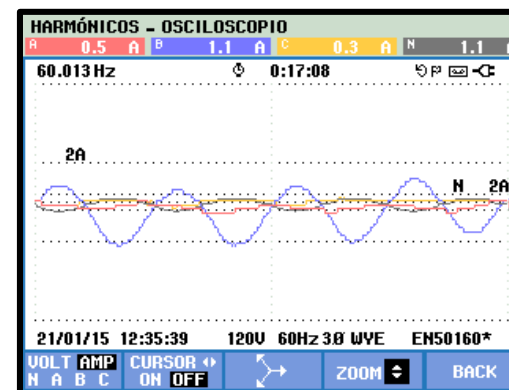


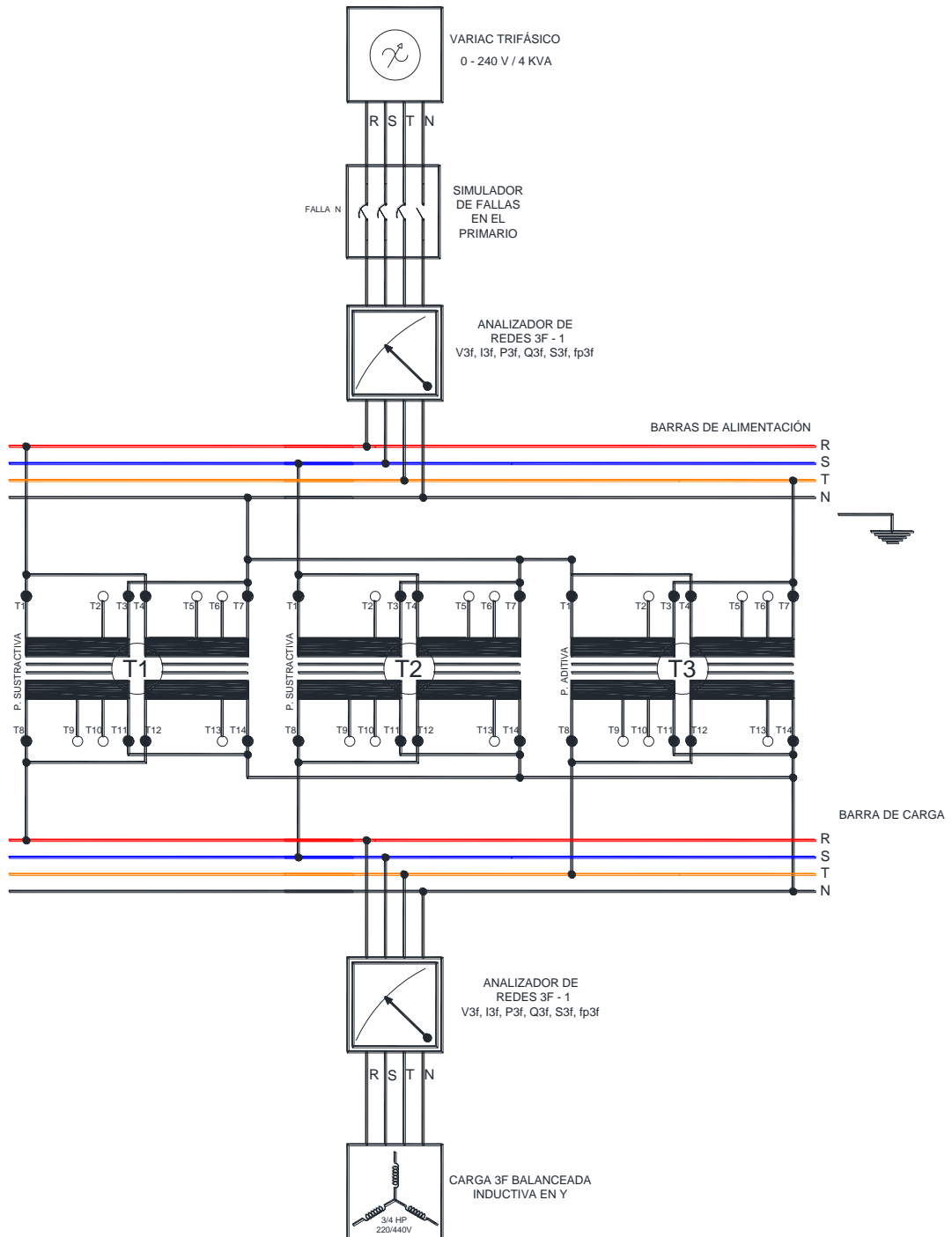
Figura 4.133: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-E - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.1-G: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.134: Diagrama eléctrico Prueba # 1-G – Práctica # 5**

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

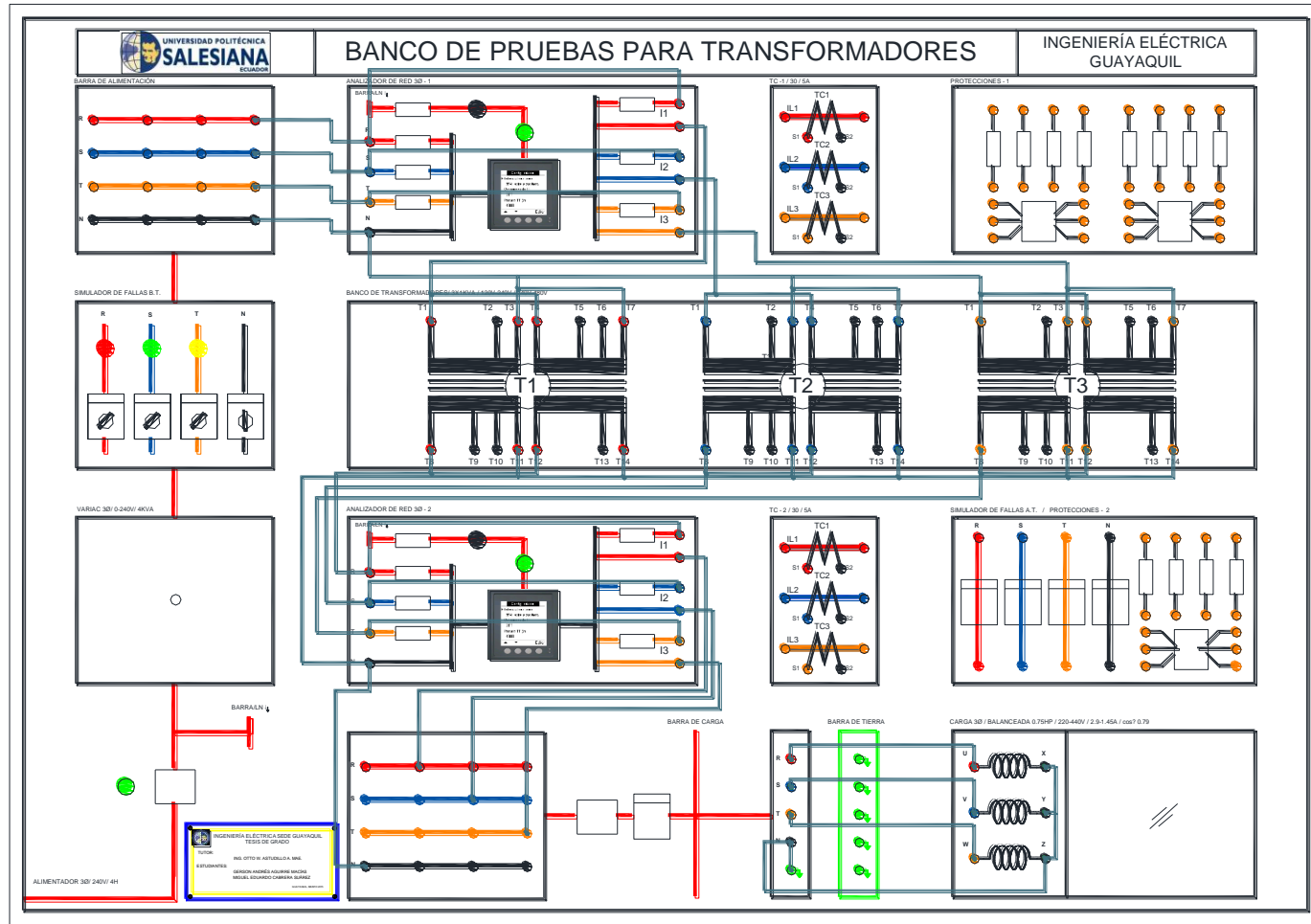


Figura 4.135: Diagrama de conexiones Prueba # 1-G – Práctica # 5

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-G: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE LA PERDIDA DEL NEUTRO</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.77	<b>V (R-S)</b>	237.89	<b>V (r-s)</b>	121.4	<b>V (R-S)</b>	241.1
<b>V (s-t)</b>	120.51	<b>V (S-T)</b>	238.13	<b>V (s-t)</b>	120.9	<b>V (S-T)</b>	240.2
<b>V (t-r)</b>	119.58	<b>V (T-R)</b>	235.98	<b>V (t-r)</b>	120.1	<b>V (T-R)</b>	238.4
<b>V(r-n)</b>	69.40	<b>V(R-N)</b>	136.40	<b>V (r-n)</b>	69.9	<b>V (R-N)</b>	138.7
<b>V(s-n)</b>	69.77	<b>V(S-N)</b>	137.96	<b>V (s-n)</b>	69.7	<b>V (S-N)</b>	139.1
<b>V(t-n)</b>	69.20	<b>V(T-N)</b>	137.57	<b>V (t-n)</b>	69.3	<b>V (T-N)</b>	137.6
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.77	<b>IR</b>	0.36	<b>Ir</b>	0.92	<b>IR</b>	0.38
<b>Is</b>	0.85	<b>IS</b>	0.40	<b>Is</b>	0.97	<b>IS</b>	0.40
<b>It</b>	0.80	<b>IT</b>	0.37	<b>It</b>	0.89	<b>IT</b>	0.37
<b>In</b>	0.06	<b>IN</b>	0.04	<b>In</b>	0.009	<b>IN</b>	0.05
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	43.4	<b>PT</b>	31	<b>PT</b>	62.7	<b>PT</b>	33.2
<b>QT</b>	163.4	<b>QT</b>	152.9	<b>QT</b>	184.3	<b>QT</b>	158.9
<b>ST</b>	168.4	<b>ST</b>	155.8	<b>ST</b>	194.4	<b>ST</b>	161.1
<b>FpT</b>	0.25	<b>FpT</b>	0.19	<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20

**Tabla 37:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida del neutro en el primario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA NEUTRO

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

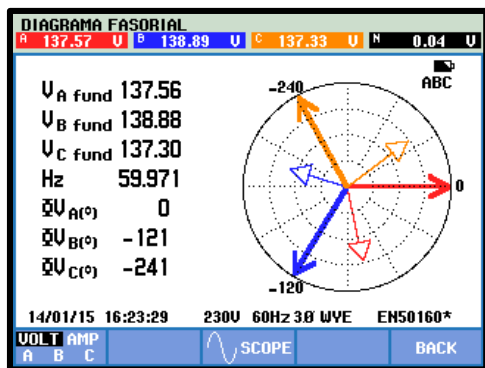


Figura 4.136: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-G - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

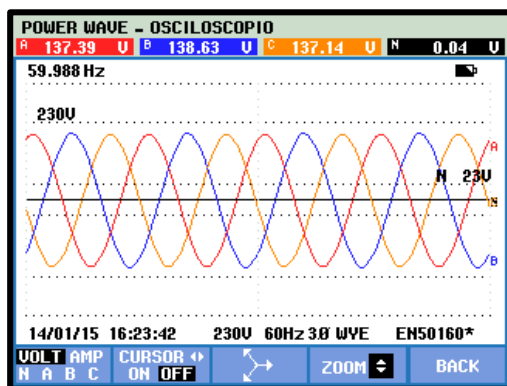


Figura 4.138: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-G - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

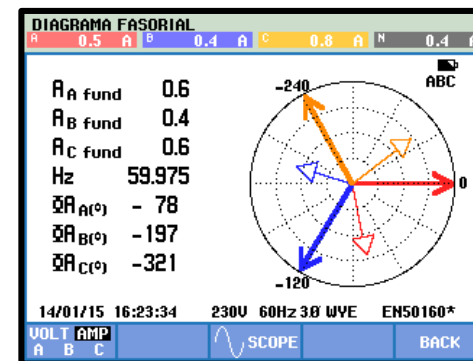


Figura 4.137: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-G - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

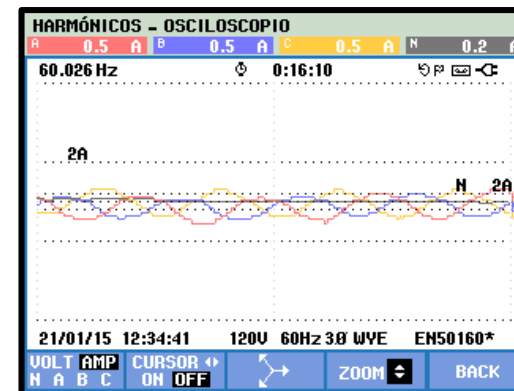


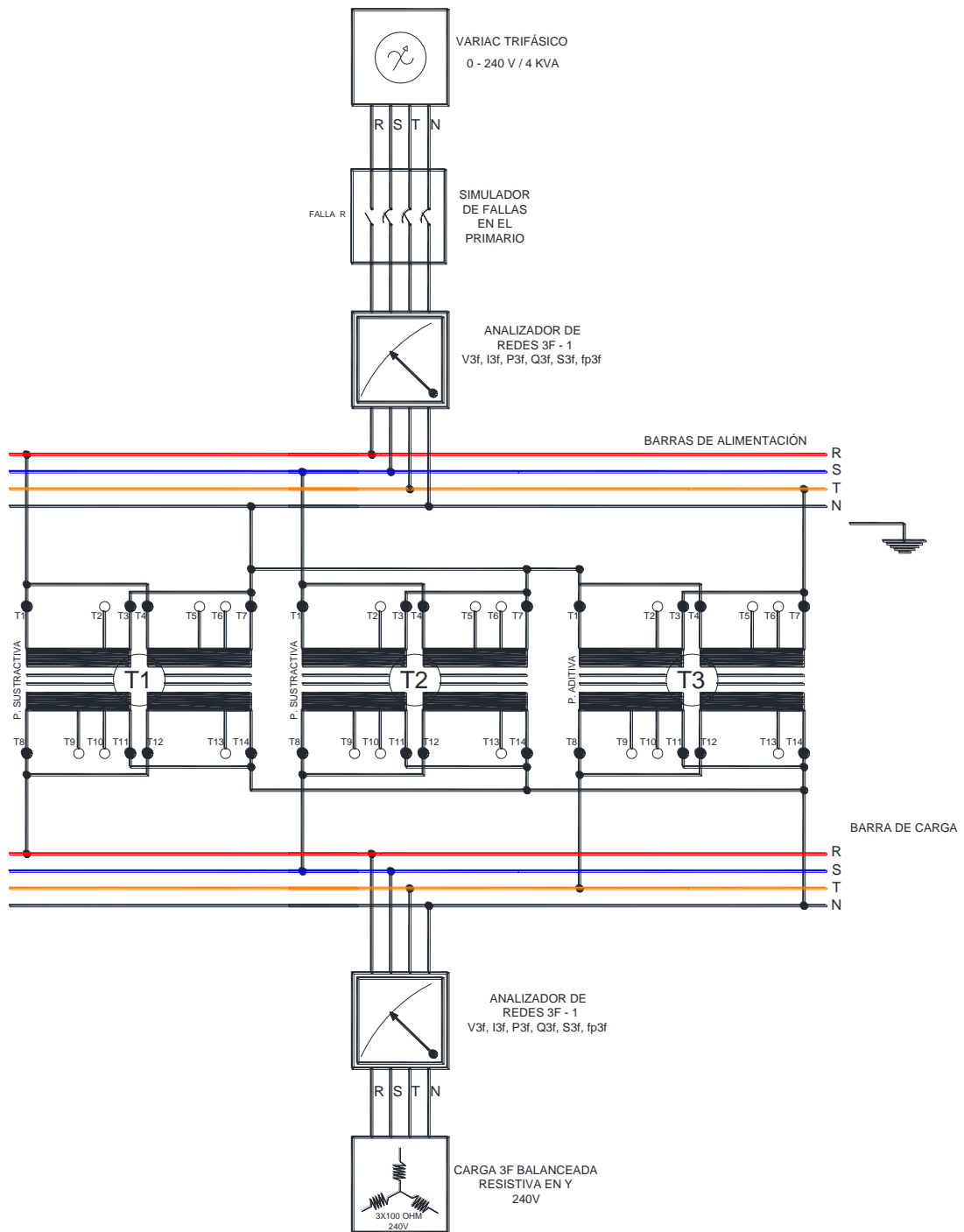
Figura 4.139: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-G - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.2-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V.**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.140:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-A – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

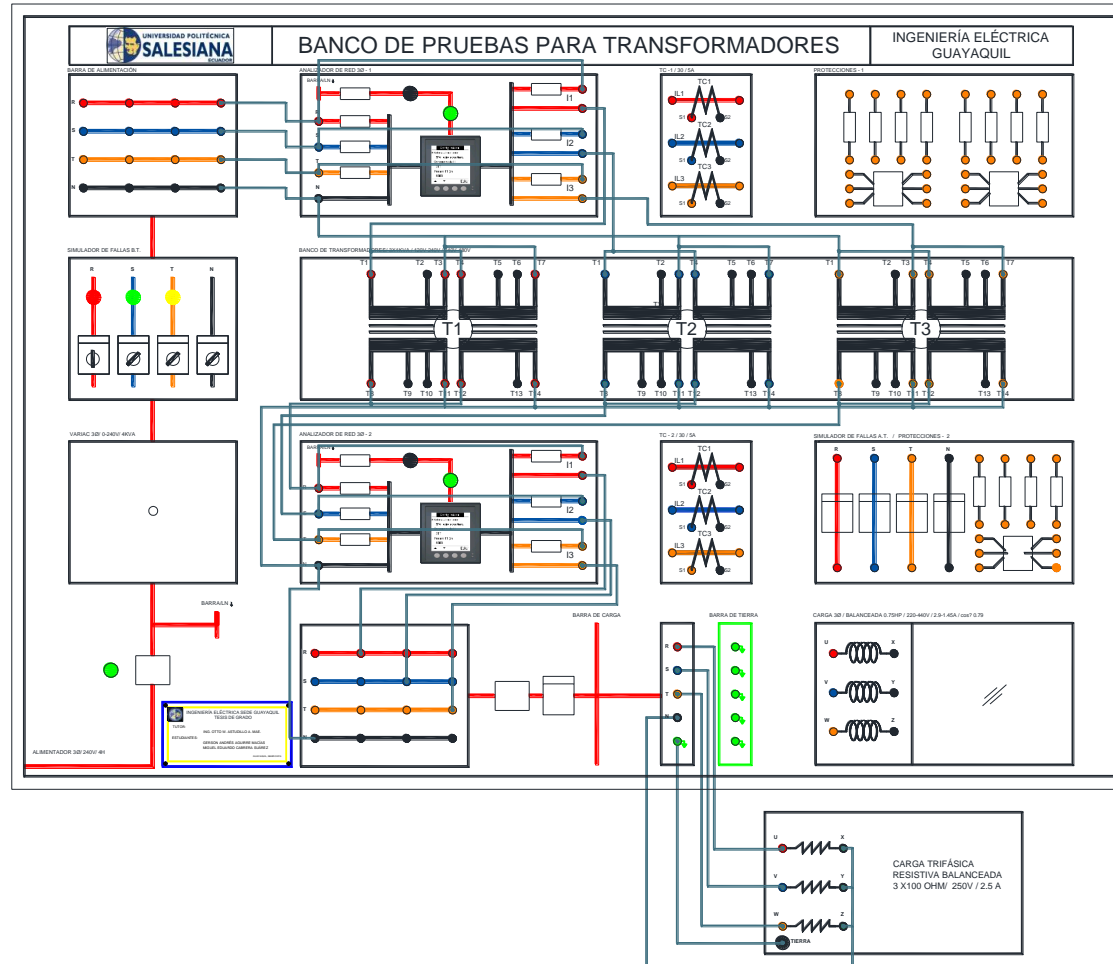


Figura 4.141: Diagrama de conexiones Prueba # 2-A – Práctica # 5



## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “R”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	69.25	<b>V (R-S)</b>	134.9
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	119.16	<b>V (S-T)</b>	231.5
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	67.81	<b>V (T-R)</b>	131.5
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	0	<b>V (R-N)</b>	0
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	69.4	<b>V (S-N)</b>	135.1
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	67.8	<b>V (T-N)</b>	131.4
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	0	<b>IR</b>	0
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.35
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	2.75	<b>IT</b>	1.31
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.74	<b>IN</b>	1.31
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	383.1	<b>PT</b>	355.2
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	22.8	<b>QT</b>	3.7
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	382.5	<b>ST</b>	355.1
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 38:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase R en el primario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA R

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

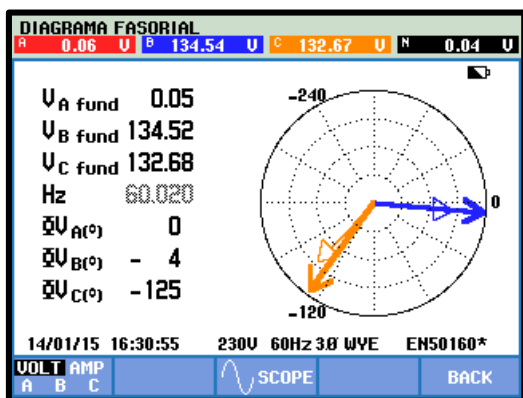


Figura 4.142: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-A - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

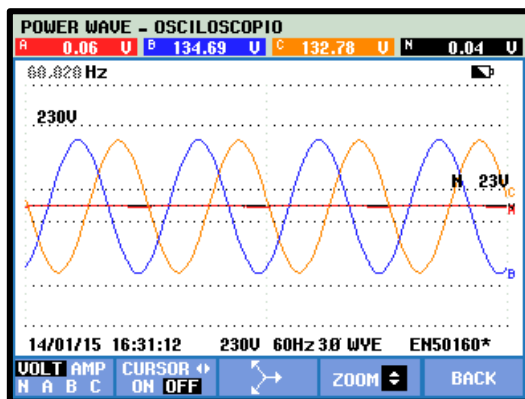


Figura 4.144: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-A - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

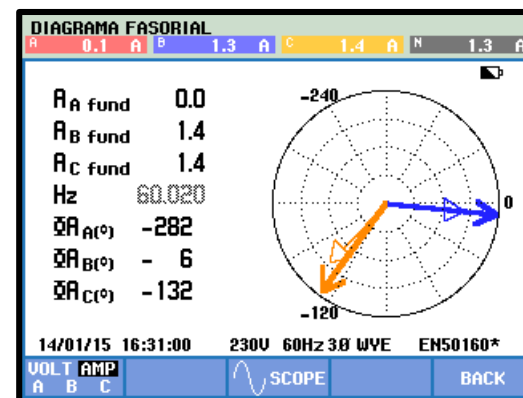


Figura 4.143: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-A - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

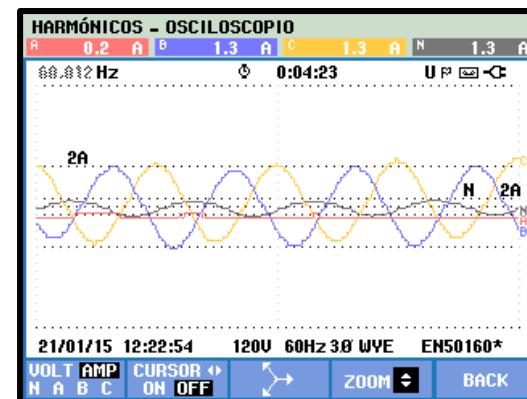


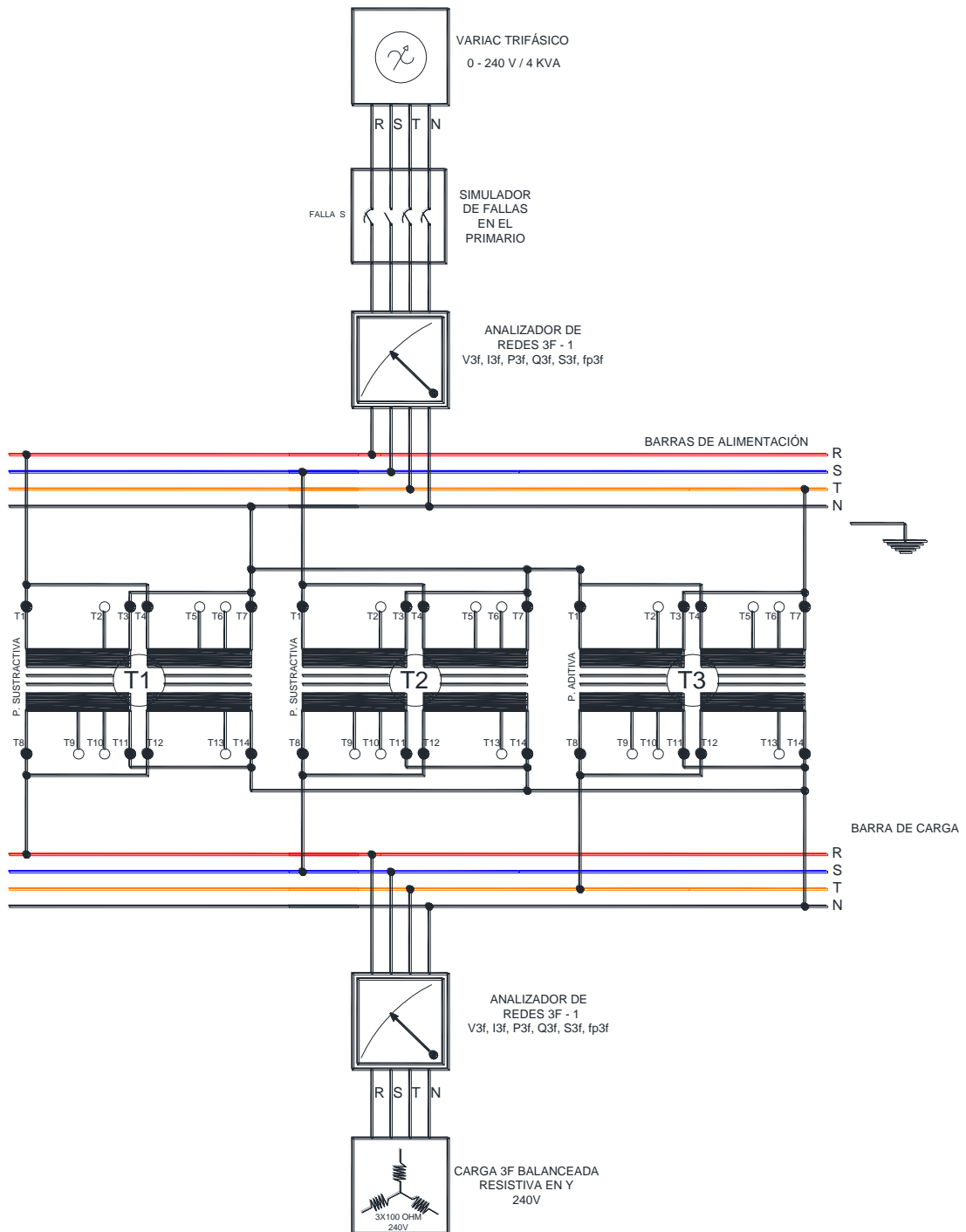
Figura 4.145: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-A - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.2-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN Y A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.146:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-B – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

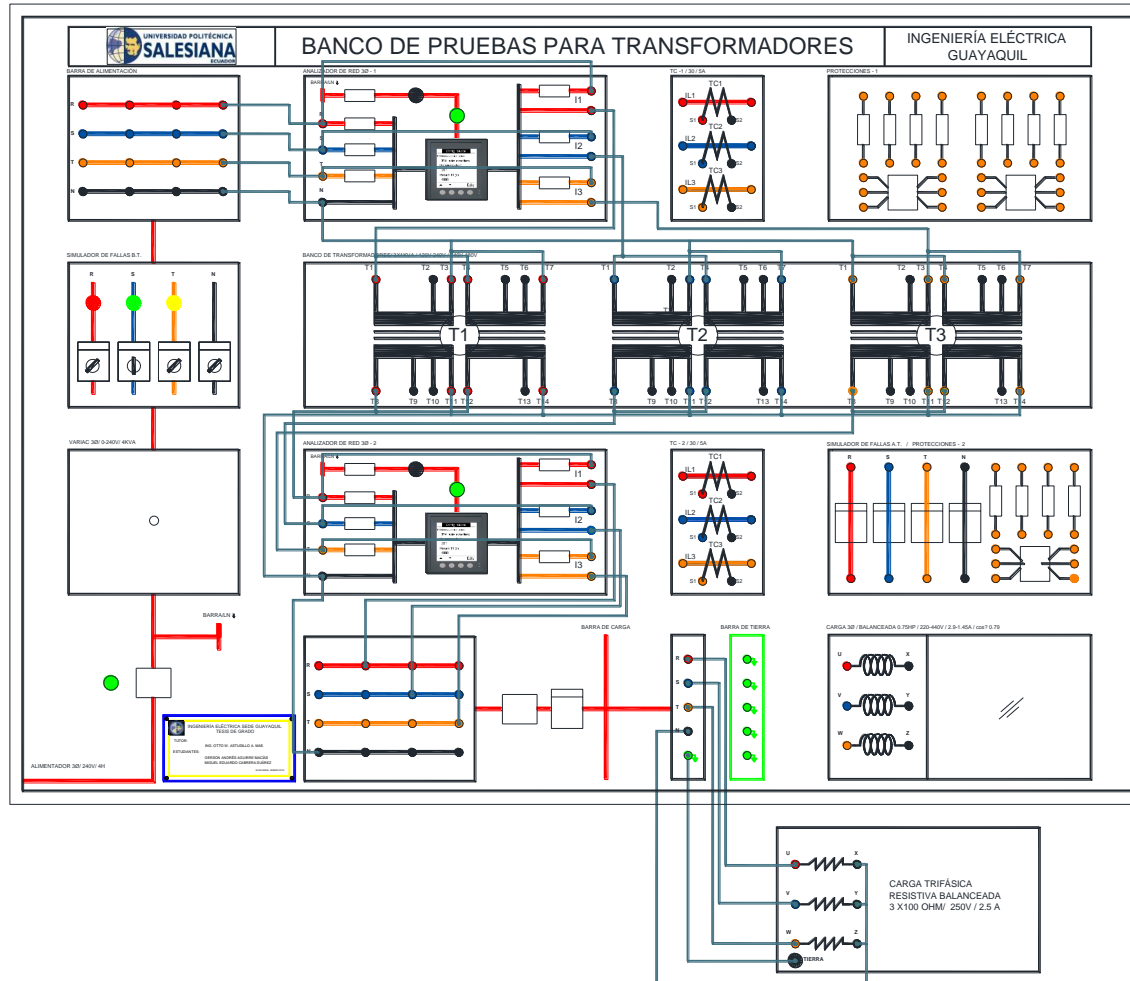


Figura 4.147: Diagrama de conexiones Prueba # 2-B – Práctica # 5

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “S”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	68.4	<b>V (R-S)</b>	130.7
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	67.9	<b>V (S-T)</b>	131.5
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	118.1	<b>V (T-R)</b>	227.3
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	68.4	<b>V (R-N)</b>	130.8
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	0	<b>V (S-N)</b>	0
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	68.1	<b>V (T-N)</b>	131.8
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.32
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	0	<b>IS</b>	0
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.77	<b>IN</b>	1.31
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	378.9	<b>PT</b>	346.9
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	22.4	<b>QT</b>	3.7
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	379.6	<b>ST</b>	347.2
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 39:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase S en el primario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA S

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

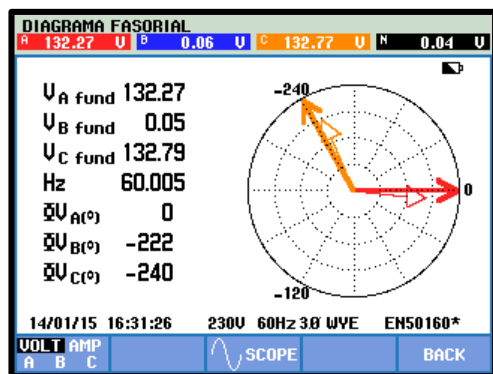


Figura 4.148: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-B - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

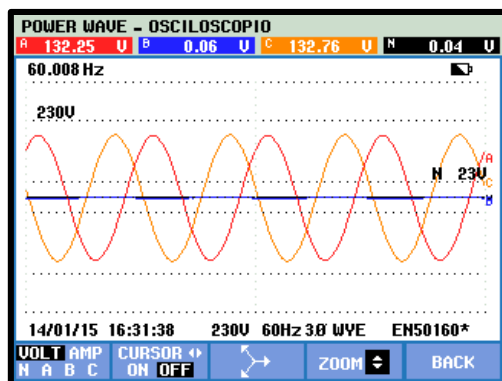


Figura 4.150: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-B - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

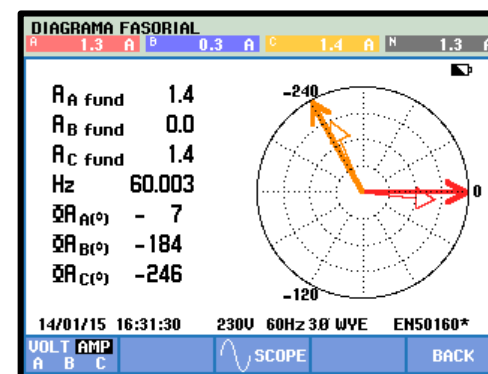


Figura 4.149: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-B - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

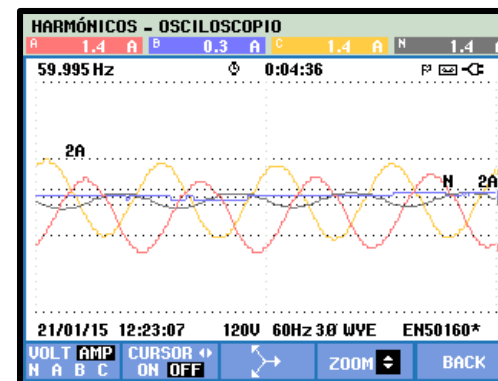


Figura 4.151: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-B - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.2-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores

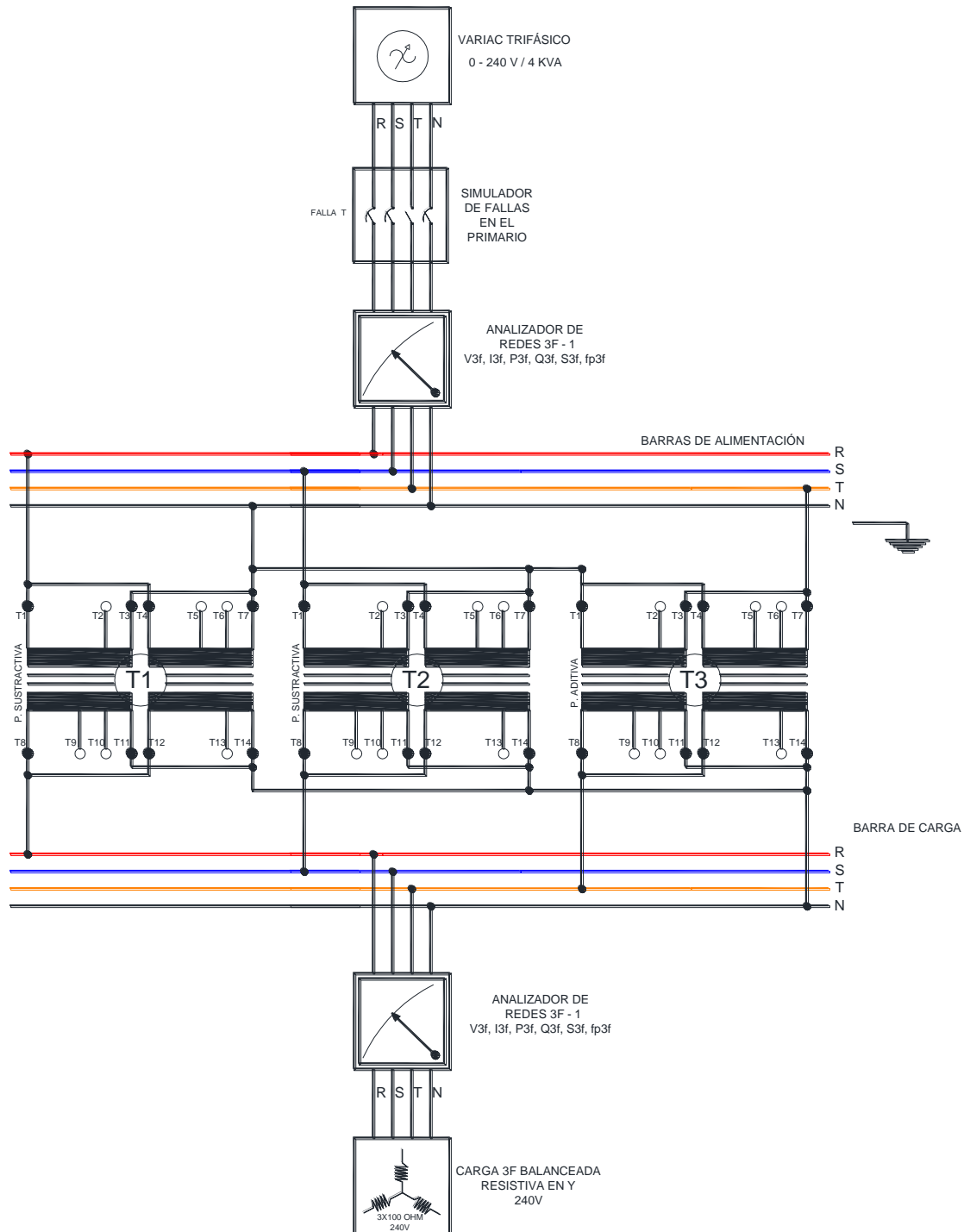


Figura 4.152: Diagrama eléctrico Prueba # 2-C – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

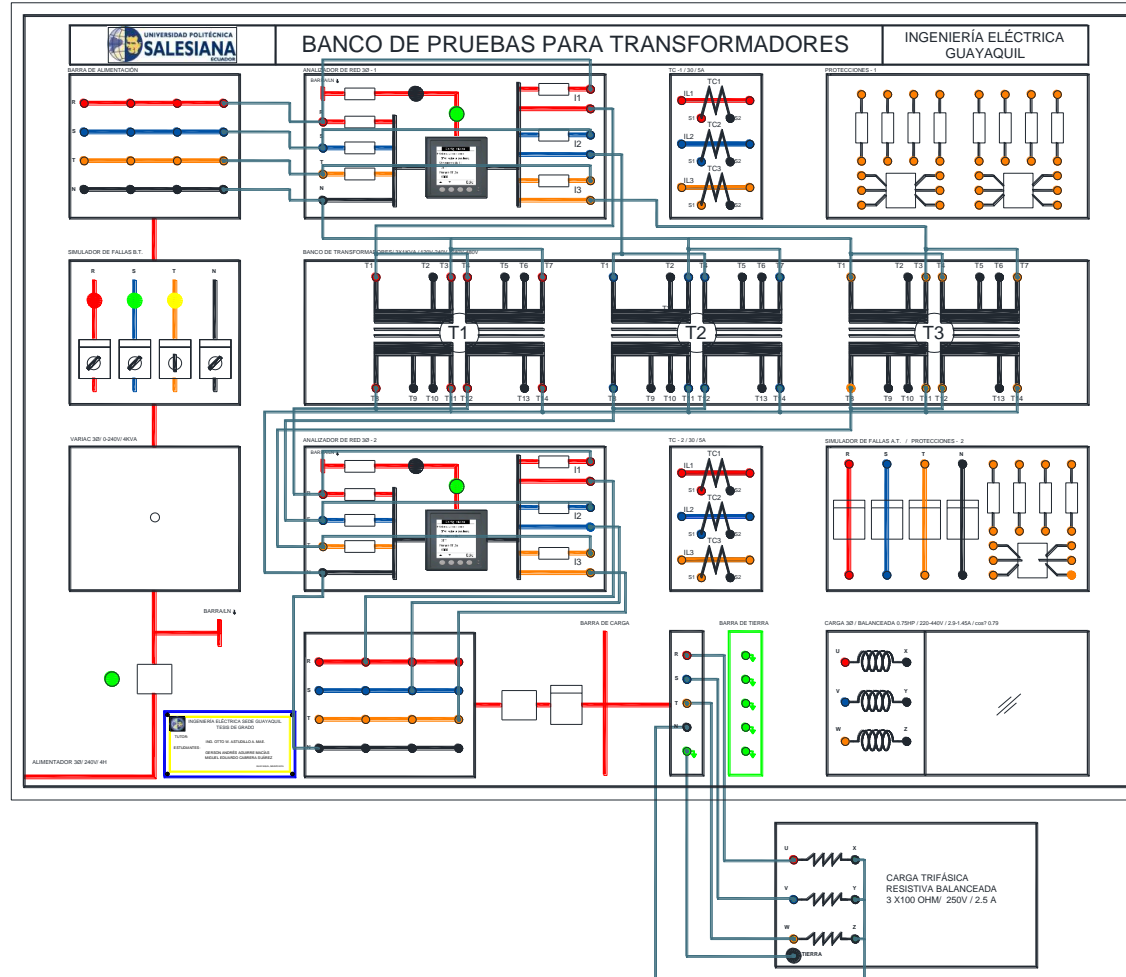


Figura 4.153: Diagrama de conexiones Prueba # 2-C – Práctica # 5



## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “T”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	119.9	<b>V (R-S)</b>	231.6
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	69.3	<b>V (S-T)</b>	134.9
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	68.4	<b>V (T-R)</b>	130.8
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	68.5	<b>V (R-N)</b>	131
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	69.4	<b>V (S-N)</b>	135
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	0	<b>V (T-N)</b>	0
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	0	<b>IT</b>	0
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.76	<b>IN</b>	1.31
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	386.6	<b>PT</b>	356.8
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	21.6	<b>QT</b>	3.86
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	386.9	<b>ST</b>	356.6
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 40:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase T en el primario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA T

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

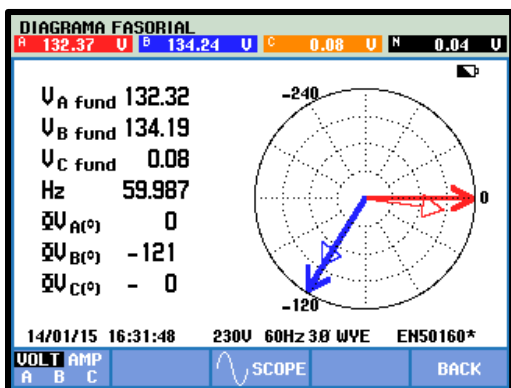


Figura 4.154: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-C - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

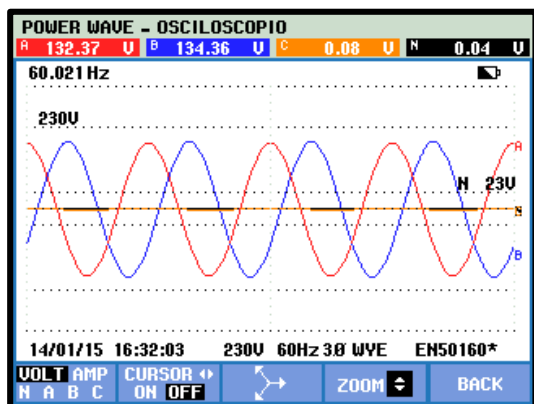


Figura 4.156: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-C - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

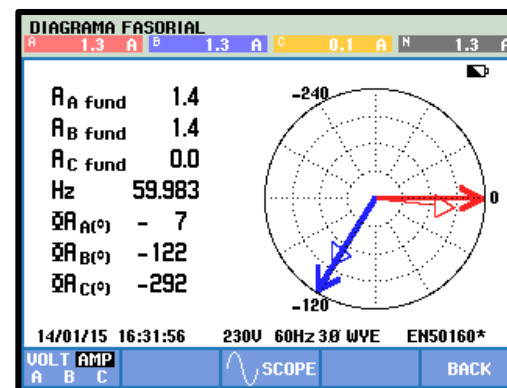


Figura 4.155: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-c - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

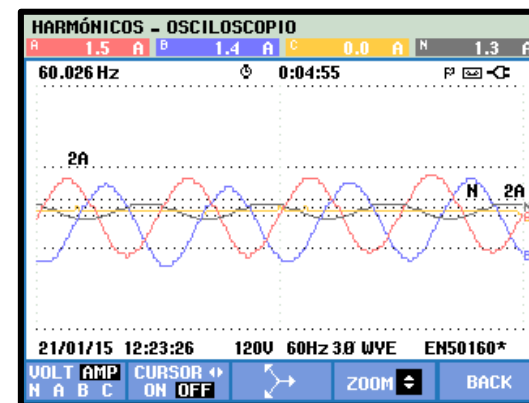


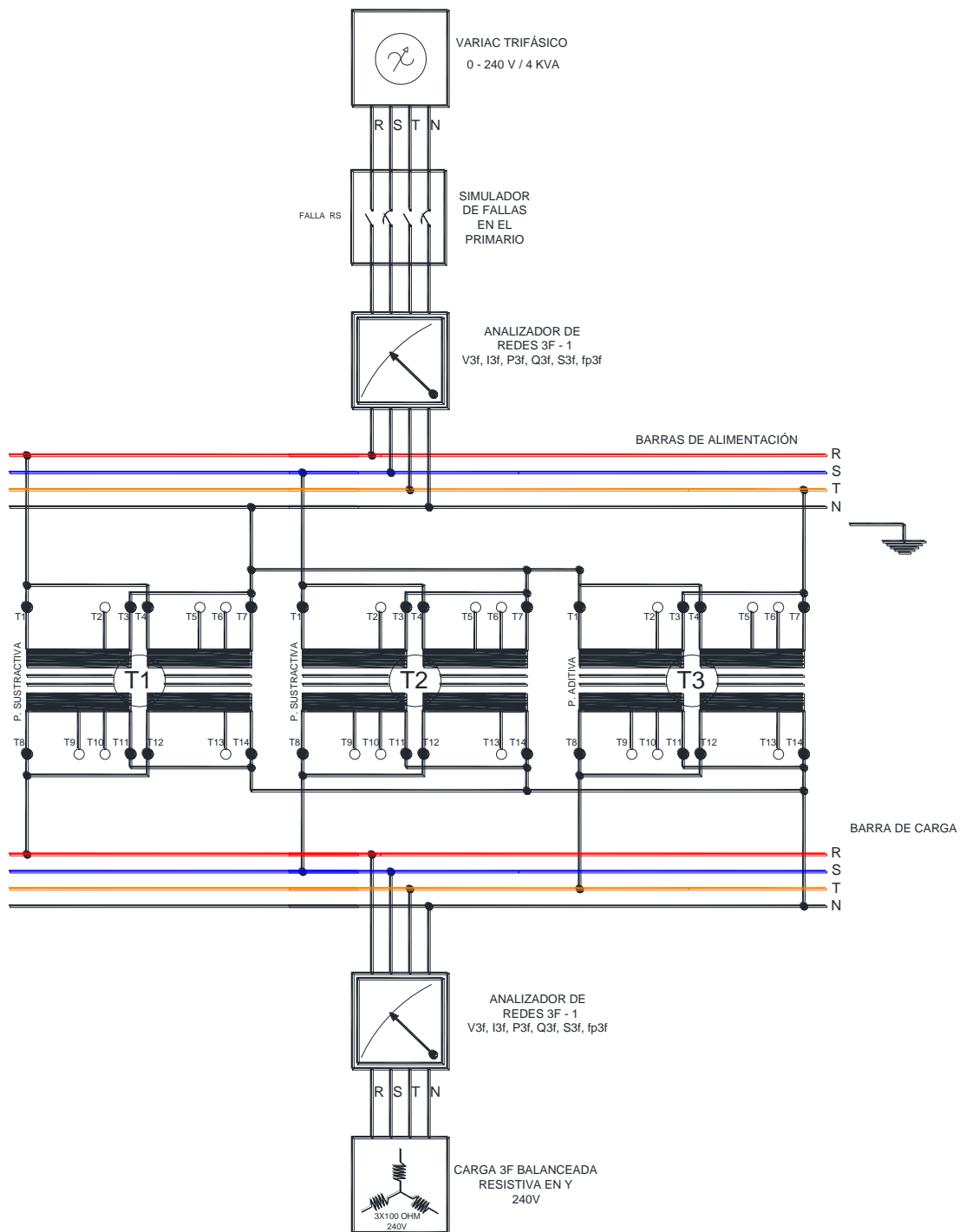
Figura 4.157: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-C - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.2-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “RS” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.158:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-D – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

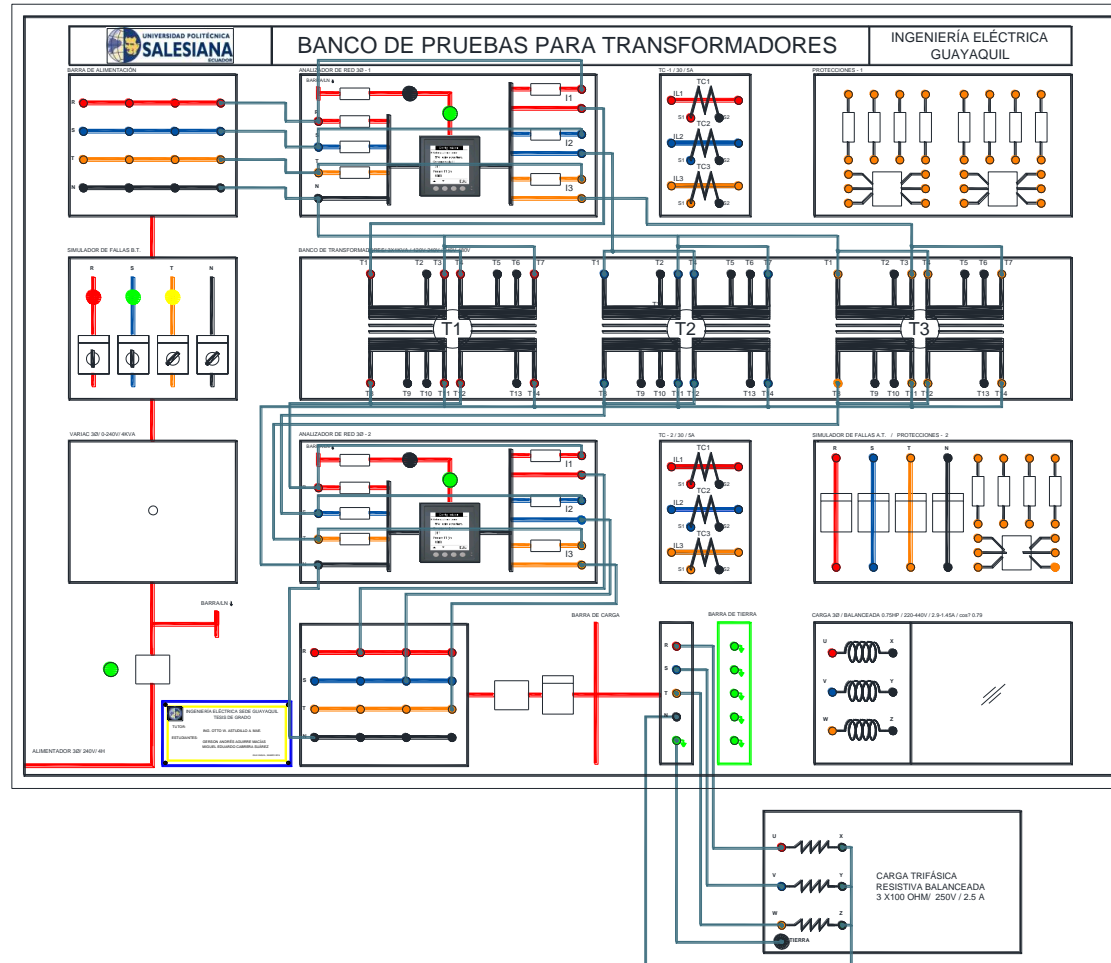


Figura 4.159: Diagrama de conexiones Prueba # 2-D – Práctica # 5

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “RS” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “RS”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	0	<b>V (R-S)</b>	0
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	67.6	<b>V (S-T)</b>	131.5
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	67.7	<b>V (T-R)</b>	131.5
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	0	<b>V (R-N)</b>	0
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	0	<b>V (S-N)</b>	0
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	67.8	<b>V (T-N)</b>	131.7
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	0	<b>IR</b>	0
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	0	<b>IS</b>	0
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	2.8	<b>IT</b>	1.3
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.7	<b>IN</b>	1.3
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	189.6	<b>PT</b>	175.4
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	11.4	<b>QT</b>	1.6
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	189.9	<b>ST</b>	175.5
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 41:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase RS en el primario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA RS

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

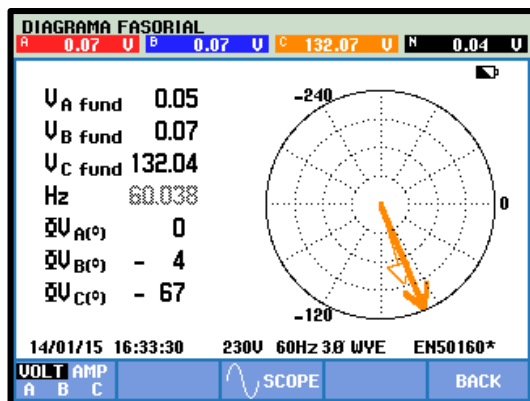


Figura 4.160: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-D - Práctica # 5

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

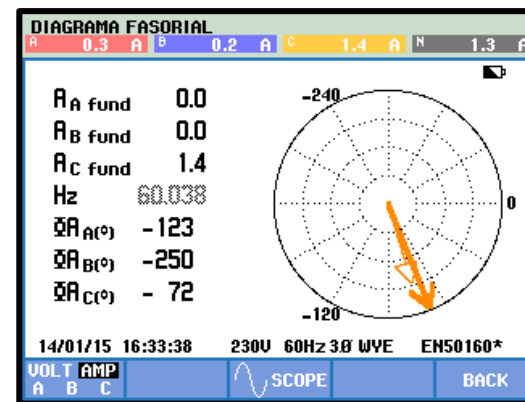


Figura 4.161: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-D - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

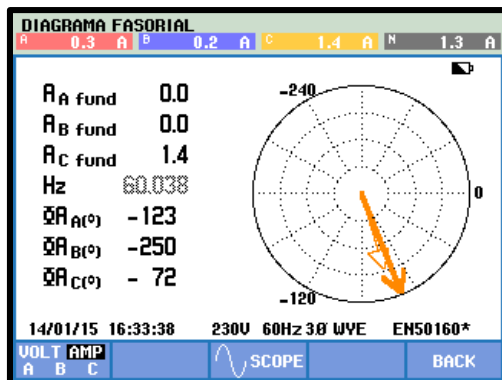


Figura 4.162: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-D - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

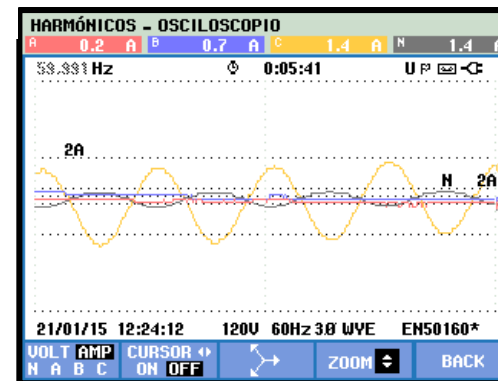
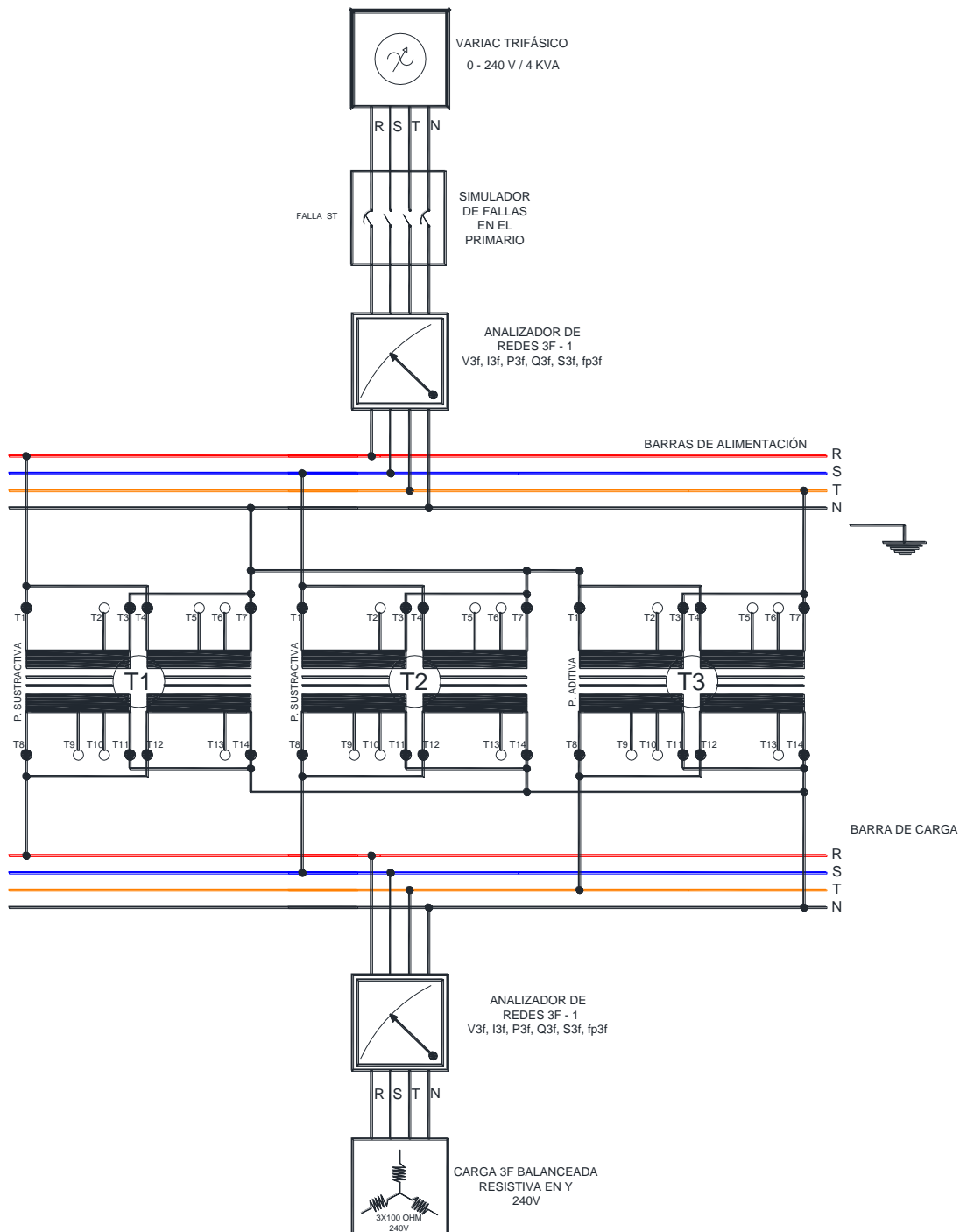


Figura 4.163: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-D - Práctica # 5

**PRUEBA No.2-E: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “ST” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.164:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-E – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

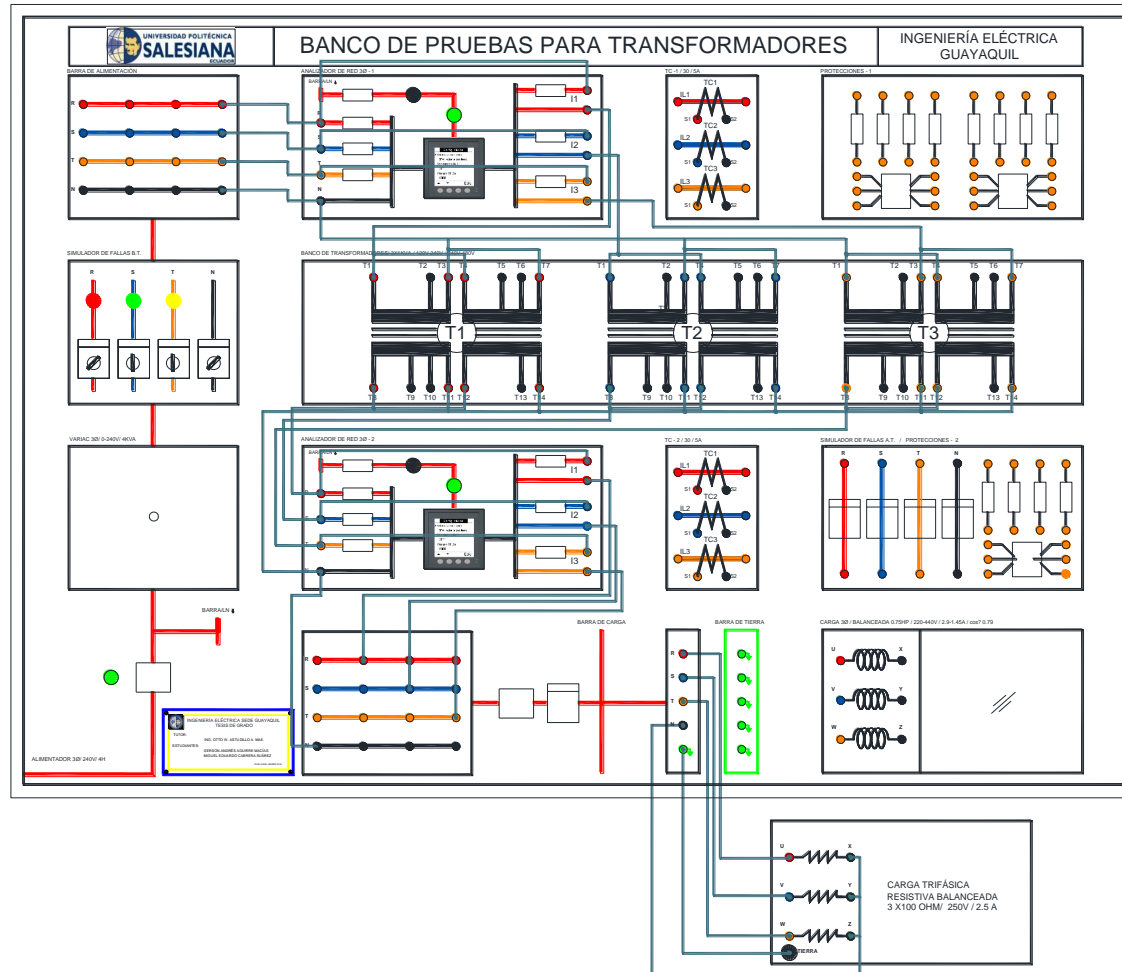


Figura 4.165: Diagrama de conexiones Prueba # 2-E – Práctica # 5



## REGISTRO DE RESULTADOS

TABLA No.2-E: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “ST” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V							
ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “ST”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	119.6	V (R-S)	230.8	V (r-s)	67.9	V (R-S)	131.5
V (s-t)	119.1	V (S-T)	231.4	V (s-t)	0	V (S-T)	0
V (t-r)	118	V (T-R)	227.5	V (t-r)	67.9	V (T-R)	131.4
V(r-n)	68.4	V(R-N)	131	V (r-n)	18.68	V (R-N)	131.5
V(s-n)	69.3	V(S-N)	135.1	V (s-n)	0	V (S-N)	0
V(t-n)	68.1	V(T-N)	132	V (t-n)	0	V (T-N)	0
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	2.78	IR	1.33	Ir	2.7	IR	1.31
Is	2.82	IS	1.34	Is	0	IS	0
It	2.77	IT	1.31	It	0	IT	0
In	0.10	IN	0.03	In	2.7	IN	1.3
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	575.5	PT	530.9	PT	187.9	PT	174.3
QT	34.9	QT	5.7	QT	10.8	QT	1.9
ST	576.1	ST	530.5	ST	188.2	ST	173.7
FpT	0.99	FpT	0.99	FpT	0.99	FpT	0.99

**Tabla 42:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase ST en el primario carga resistiva

**DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435  
DESPUÉS DE LA FALLA ST**

**DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE**

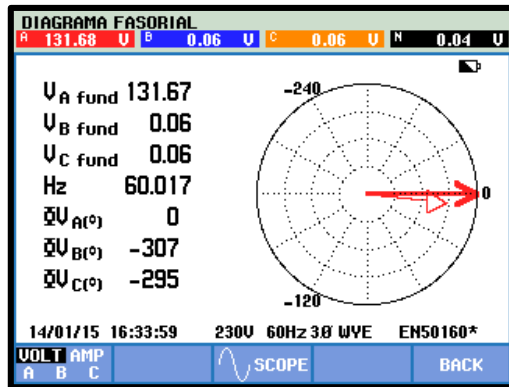


Figura 4.166: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-E - Práctica # 5

**DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE**

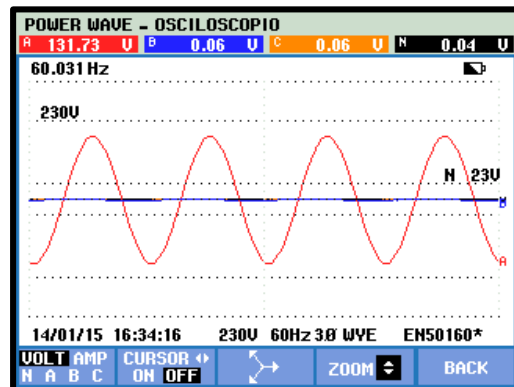


Figura 4.168: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-E - Práctica # 5

Fuente: Los autores

**DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES**

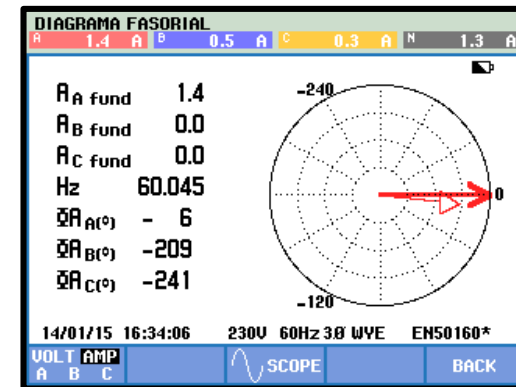


Figura 4.167: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-E - Práctica # 5

**DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES**

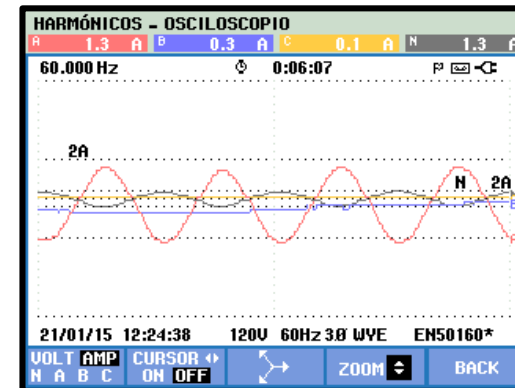


Figura 4.169: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-E - Práctica # 5

**PRUEBA No.2-F: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “TR” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores

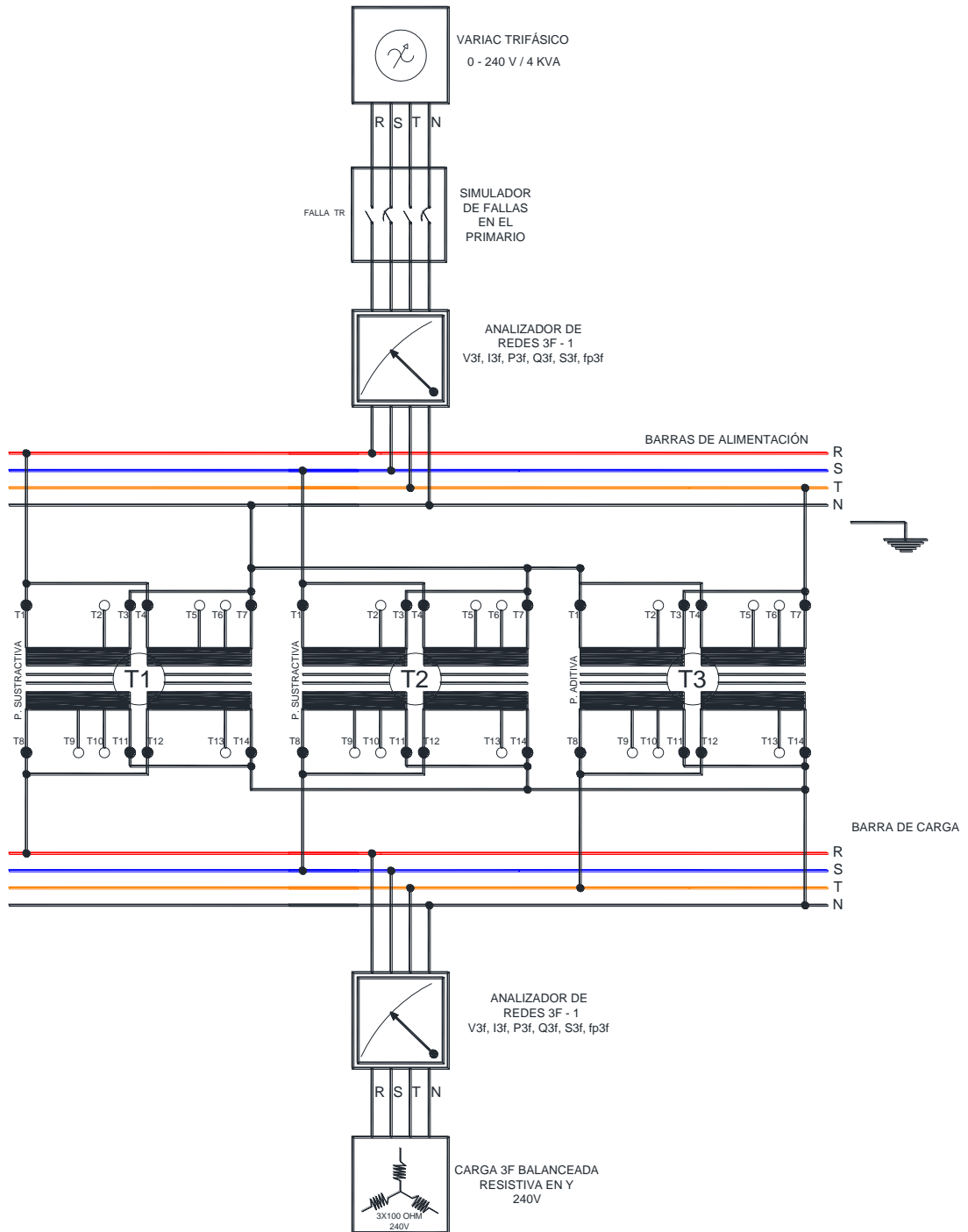


Figura 4.170: Diagrama eléctrico Prueba # 2-F – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

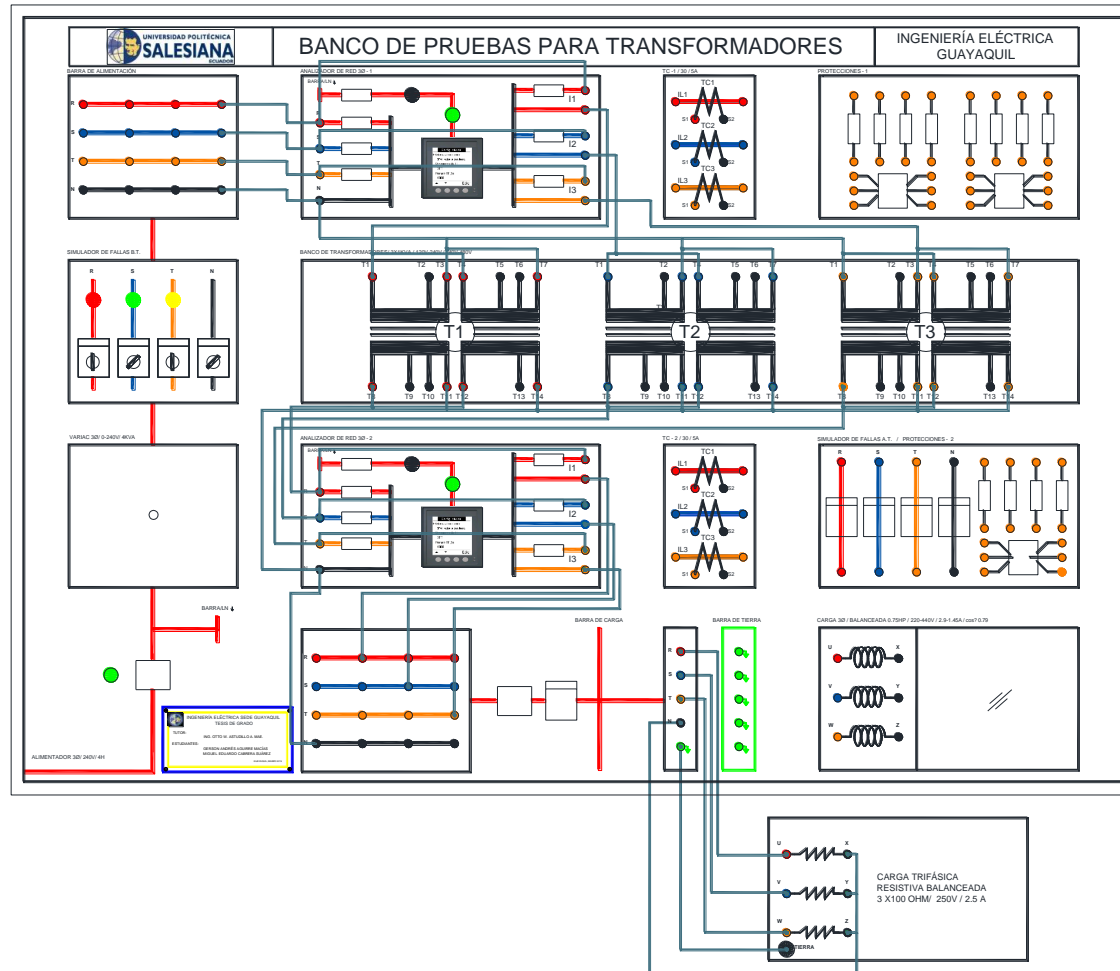


Figura 4.171: Diagrama de conexiones Prueba # 2-F – Práctica # 5

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-F: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “TR” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “TR”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	68.8	<b>V (R-S)</b>	134
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	68.7	<b>V (S-T)</b>	134
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	0	<b>V (T-R)</b>	0
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	0	<b>V (R-N)</b>	0
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	68.9	<b>V (S-N)</b>	134
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	0	<b>V (T-N)</b>	0
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	0	<b>IR</b>	0
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	2.8	<b>IS</b>	1.3
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	0	<b>IT</b>	0
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.8	<b>IN</b>	1.3
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	194.2	<b>PT</b>	180
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	10.3	<b>QT</b>	1.8
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	194.5	<b>ST</b>	180.1
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 43:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase TR en el primario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA TR

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

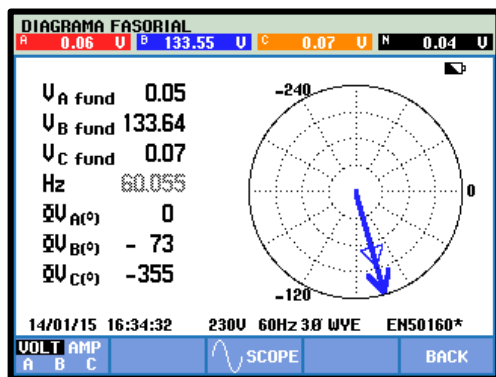


Figura 4.172: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-F - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

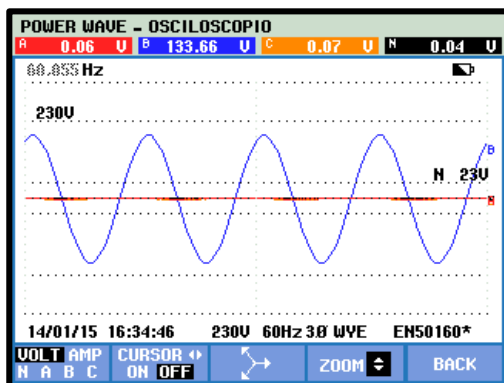


Figura 4.174: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-F - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

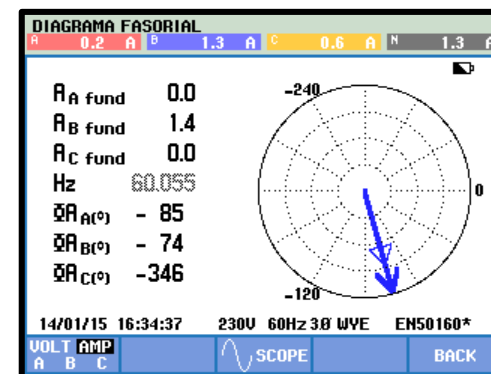


Figura 4.173: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-F - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

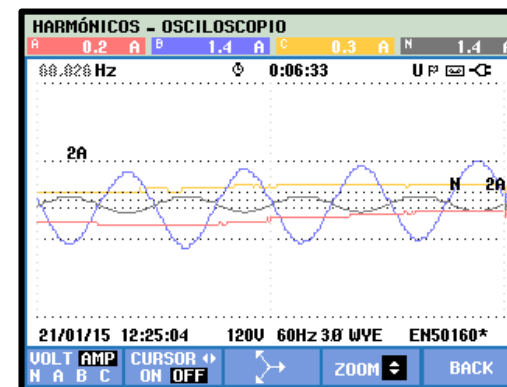


Figura 4.175: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-E - Práctica # 5

**PRUEBA No.2-G: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores

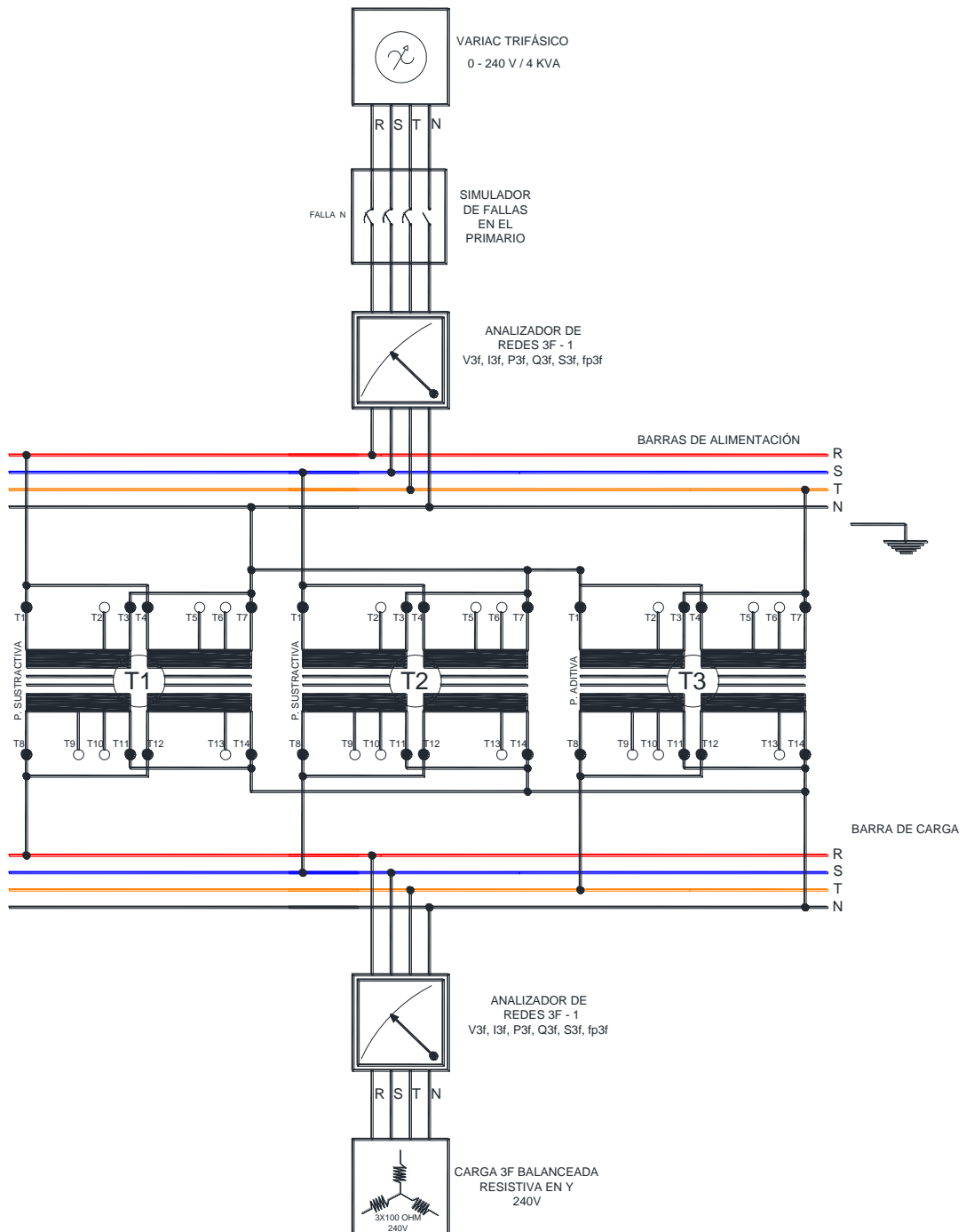


Figura 4.176: Diagrama eléctrico Prueba # 2-G – Práctica # 5

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

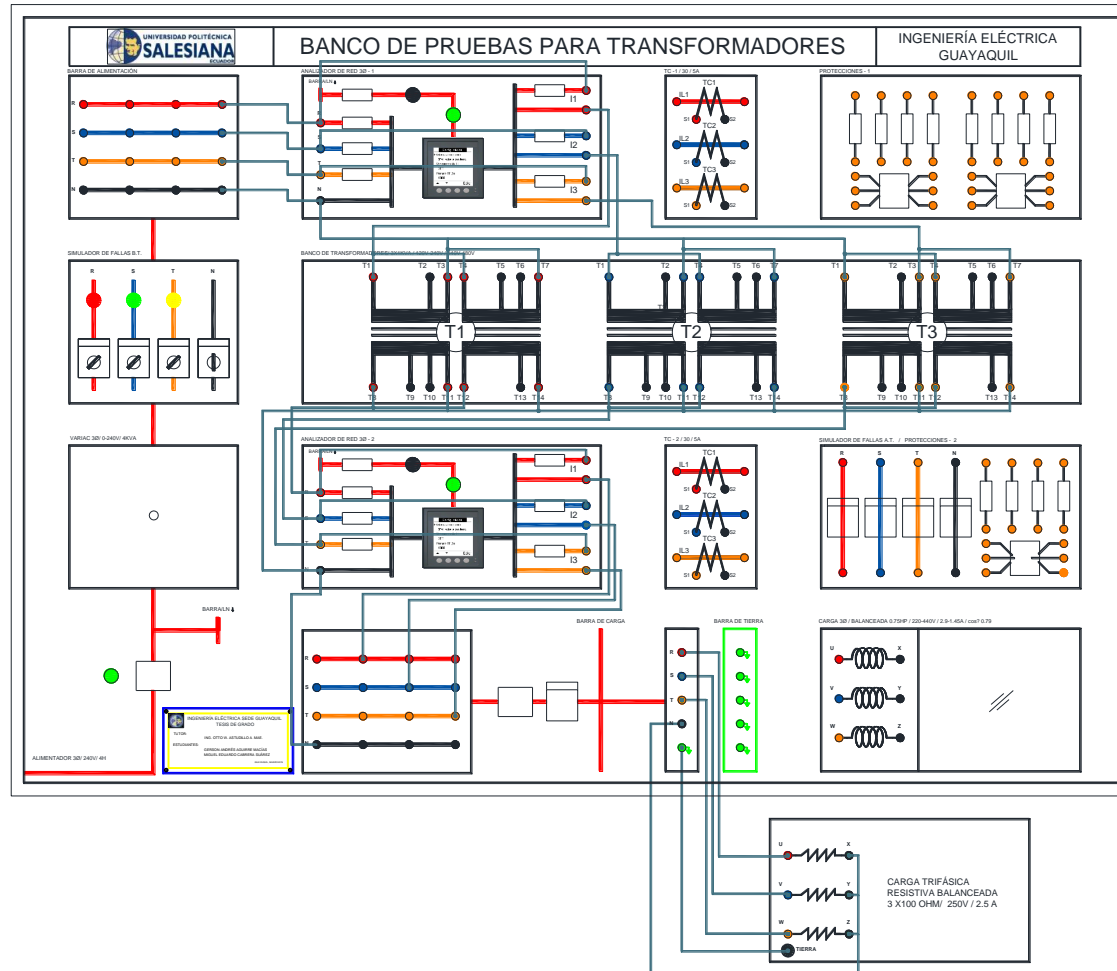


Figura 4.177: Diagrama de conexiones Prueba # 2-G – Práctica # 5



## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-G: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE PERDIDA DEL NEUTRO</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	120	<b>V (R-S)</b>	231.5
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	119.5	<b>V (S-T)</b>	231.6
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	118.3	<b>V (T-R)</b>	227.7
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	68.8	<b>V (R-N)</b>	131.5
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	69.3	<b>V (S-N)</b>	135
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	68.5	<b>V (T-N)</b>	132.8
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	2.8	<b>IR</b>	1.34
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	2.8	<b>IS</b>	1.35
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	2.7	<b>IT</b>	1.32
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	0.02	<b>IN</b>	0.06
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	579.4	<b>PT</b>	534.6
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	33.9	<b>QT</b>	5.6
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	580.7	<b>ST</b>	534.5
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 44:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida del neutro en el primario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA TR

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

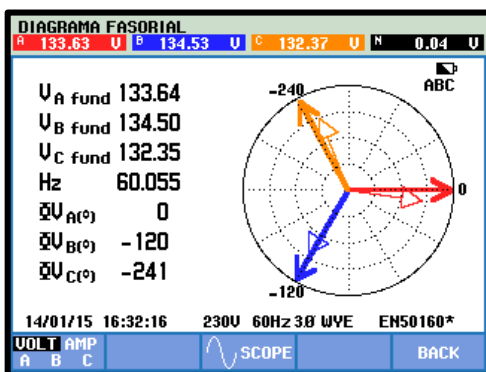


Figura 4.178: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-G - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

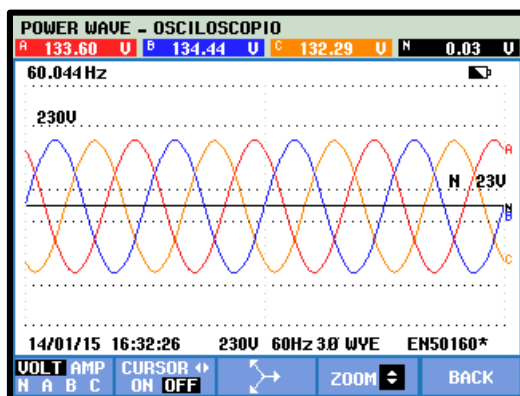


Figura 4.180: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-G - Práctica # 5

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

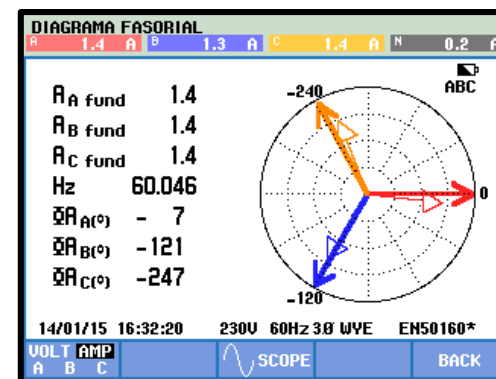


Figura 4.179: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-G - Práctica # 5

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

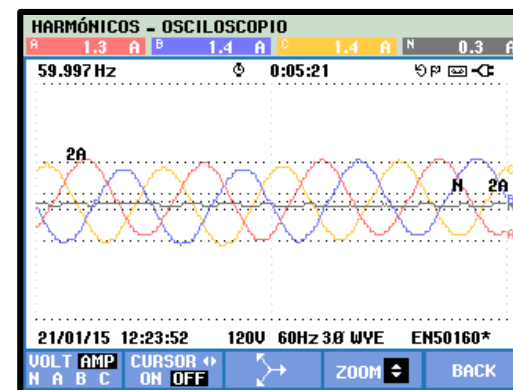


Figura 4.181: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-G - Práctica # 5

Fuente: Los autores

## **CONCLUSIONES:**

En las pruebas con cargas balanceadas inductiva que presentan fallas en el primario ocurre lo siguiente:

Cuando se pierde la línea R en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS y voltaje VTR se ven afectados con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VRN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- La corriente de línea IR se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparece en el diagrama fasorial.
- La carga conectada a esa fase se desconecta debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde la línea S en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VST y voltaje VRS se ven afectados con una caída severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VSN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- La corriente de línea IS se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparece en el diagrama fasorial.
- La carga conectada a esa fase se desconecta debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde la línea T en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VST y voltaje VTR se ven afectados con una caída severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VTN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.

- La corriente de línea IT se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparece en el diagrama fasorial.
- La carga conectada a esa fase se desconecta debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde las líneas RS en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS, VST y VTR se desequilibran severamente tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VRN – VSN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- La corriente de línea IR - IS se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a esas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.

Cuando se pierde las líneas ST en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS, VST y VTR se desequilibran severamente tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VSN - VTN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- La corriente de línea IS - IT se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.

Cuando se pierde las líneas TR en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS, VST y VTR se desequilibran severamente tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VRN - VTN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- La corriente de línea IR - IT se hace cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.
- Cuando se pierde el neutro en el primario del sistema Y-Y el sistema no se ve afectado debido a que la carga es balanceada

En las pruebas con cargas balanceadas resistiva que presentan fallas en el primario ocurre lo siguiente:

Cuando se pierde la línea R en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS y voltaje VTR se ven afectados con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VRN se hacen de cero debido a que la carga es resistiva
- La corriente de línea IR se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde la línea S en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS y voltaje VST se ven afectados con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VSN se hacen de cero debido a que la carga es resistiva
- La corriente de línea IS se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.

- La carga conectada a esa fase se desconecta debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde la línea T en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VST y voltaje VTR se ven afectados con una caída de tensión severa tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VTN se hace cero debido a que la carga es resistiva
- La corriente de línea IT se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- La carga conectada a esa fase se desconecta debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierden las líneas RS en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:


- El voltaje de línea VRS se hacen de cero, mientras los voltajes VST- VTR sufren una caída de tensión tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VRN- VSN se hacen cero
- La corriente de línea IR- IS se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierden las líneas TR en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VTR se hace cero, mientras los voltajes VRS- VST sufren una caída de tensión tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VTN- VRN se hacen cero
- La corriente de línea IR- IT se hacen de cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierden las líneas ST en el primario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VST se hace cero, mientras los voltajes VRS- VTR sufren una caída de tensión tanto en lado del primario como en el secundario.
- El voltaje de fase VSN- VTN se hacen cero
- La corriente de línea IR- IS se hace cero amperios tanto en lado del primario como en el secundario debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado.
- Cuando se pierde el neutro en el primario del sistema Y-Y el sistema no se ve afectado debido a que la carga es balanceada

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 6
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### 4.2.6. Práctica # 6

##### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 6**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

##### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** SIMULACIÓN DE FALLAS POR FASE ABIERTA EN LAS LÍNEAS DEL LADO SECUNDARIO DEL SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y-Y CON CARGAS BALANCEADAS.

- b. **OBJETIVO GENERAL:**

Estudiar el comportamiento que tendrá el sistema de transformación trifásico Y-Y con cargas balanceadas, ante posibles eventos de fallas que pudieran suscitarse en las líneas de alimentación del sistema.

- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Realizar la conexión Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) a 240v conectada en estrella.
2. Realizar la conexión Y-Y con carga balanceada resistiva a 240v conectada en estrella.
3. Simular la pérdida de la fase "R" del sistema del lado secundario (AT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.




	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 2 de 6</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

4. Simular la pérdida de la fase “S” del sistema del lado secundario (AT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
5. Simular la pérdida de la fase “T” del sistema del lado secundario (AT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
6. Simular la pérdida del Neutro del sistema del lado secundario (AT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
7. Simular la pérdida de las fases “RS” del sistema del lado secundario (AT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
8. Simular la pérdida de las fases “ST” del sistema del lado secundario (AT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
9. Simular la pérdida de las fases “TR” del sistema del lado secundario (AT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.
10. Simular la pérdida del neutro del sistema del lado secundario (AT) de los transformadores utilizando el simulador de fallas del banco de pruebas y estudiar los resultados.

**d. MARCO TEÓRICO**

1. Tipos de fallas.
2. Fallas tipo serie.
3. Estudio de fallas.
4. Sistemas de transformación trifásica con carga balanceada.
5. Banco trifásico de transformadores conexión Y-Y.
6. Cargas inductivas y resistivas
7. Diagramas fasoriales


	REVISIÓN 1/1	Página 3 de 6
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### e. PROCEDIMIENTO


1. Realizar la conexión trifásica Y–Y según el diagrama de conexiones.
2. Simular la pérdida de cada una de las fases del sistema utilizando el simulador de fallas de AT del banco de pruebas.
3. Observar el comportamiento de voltajes, corrientes y potencias en los analizadores de red 1 y 2 del banco después de la falla.
4. Realizar las mediciones indicadas, para completar cada una de las tablas propuestas de la práctica.
5. Registrar los cálculos realizados en cada prueba.
6. Realizar los diagramas fasoriales de las pruebas
7. Estudiar los resultados obtenidos y formular conclusiones
8. Generar el reporte de la práctica realizada.

#### f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Análisis del comportamiento del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectado en Y a 240 V ante fallas tipo serie del lado secundario de los transformadores (AT).
  - **Prueba No.1-A:** Simulación de pérdida de fase “R” en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-B:** Simulación de pérdida de fase “S” en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.

	REVISIÓN 1/1	Página 4 de 6
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

- **Prueba No.1-C:** Simulación de pérdida de fase “T” en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-D:** Simulación de pérdida de fase “RS” respectivamente, en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-E:** Simulación de pérdida de fase “ST” respectivamente, en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (Motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-F:** Simulación de pérdida de fase “TR” respectivamente, en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
  - **Prueba No.1-G:** Simulación la pérdida del neutro, en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada inductiva (motor) conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
2. Análisis del comportamiento del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectado en Y a 240 V ante fallas tipo serie del lado secundario de los transformadores (AT).
- **Prueba No.1-A:** Simulación de pérdida de fase “R” en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.

	REVISIÓN 1/1	Página 5 de 6
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

- **Prueba No.1-B:** Simulación de pérdida de fase “S” en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-C:** Simulación de pérdida de fase “T” en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-D:** Simulación de pérdida de fase “RS” respectivamente, en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-E:** Simulación de pérdida de fase “ST” respectivamente, en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-F:** Simulación de pérdida de fase “TR” respectivamente, en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.
- **Prueba No.1-G:** Simulación la pérdida del neutro, en el lado secundario del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectada en Y a 240V utilizando la capacidad máxima posible del banco de transformadores.

#### g. RECURSOS

1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Carga resistiva  $3 \times 100\Omega / 250V$

	REVISIÓN 1/1	Página 6 de 6
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

3. Diagramas eléctricos para pruebas.
4. Diagramas de conexión para pruebas.
5. Equipos para medición.
6. Tablas de la para registro de resultados.

#### **h. REGISTRO DE RESULTADOS**

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 1. TABLA No.1-A | 8. TABLA No.2-A  |
| 2. TABLA No.1-B | 9. TABLA No.2-B  |
| 3. TABLA No.1-C | 10. TABLA No.2-C |
| 4. TABLA No.1-D | 11. TABLA No.2-D |
| 5. TABLA No.1-E | 12. TABLA No.2-E |
| 6. TABLA No.1-F | 13. TABLA No.2-F |
| 7. TABLA No.1-G | 14. TABLA No.2-G |

#### **i. CUESTIONARIO**

- 1.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases RS del lado secundario (AT) con carga balanceada?
- 2.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases ST del lado secundario (AT) con carga balanceada?
- 3.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases TR del lado secundario (AT) con carga balanceada?

#### **j. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

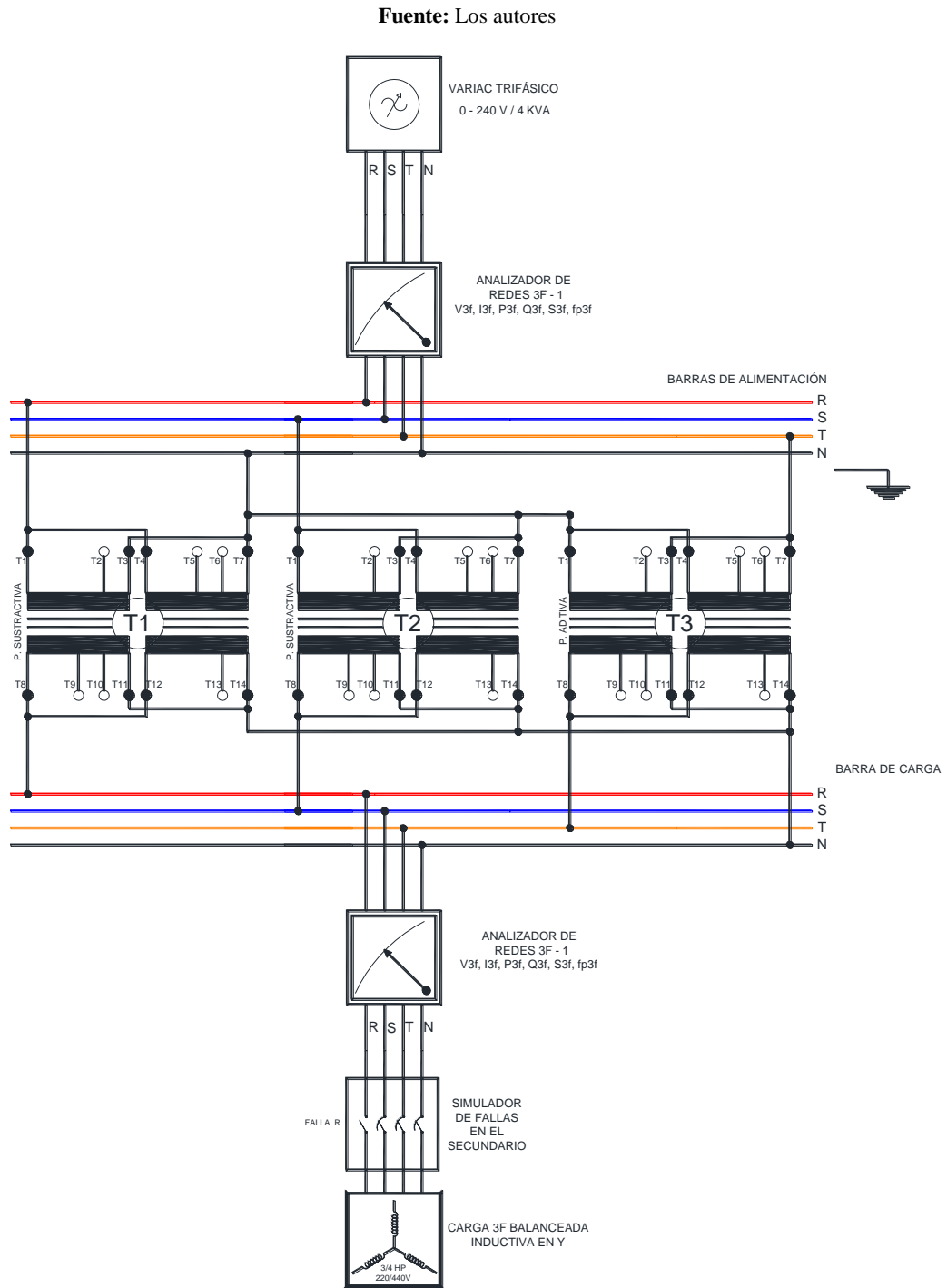
CHAPMAN, STEPHEN J., MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MC GRAW HILL, 2012

#### **k. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente

**PRUEBA No.1-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V.**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**



**Figura 4.182:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

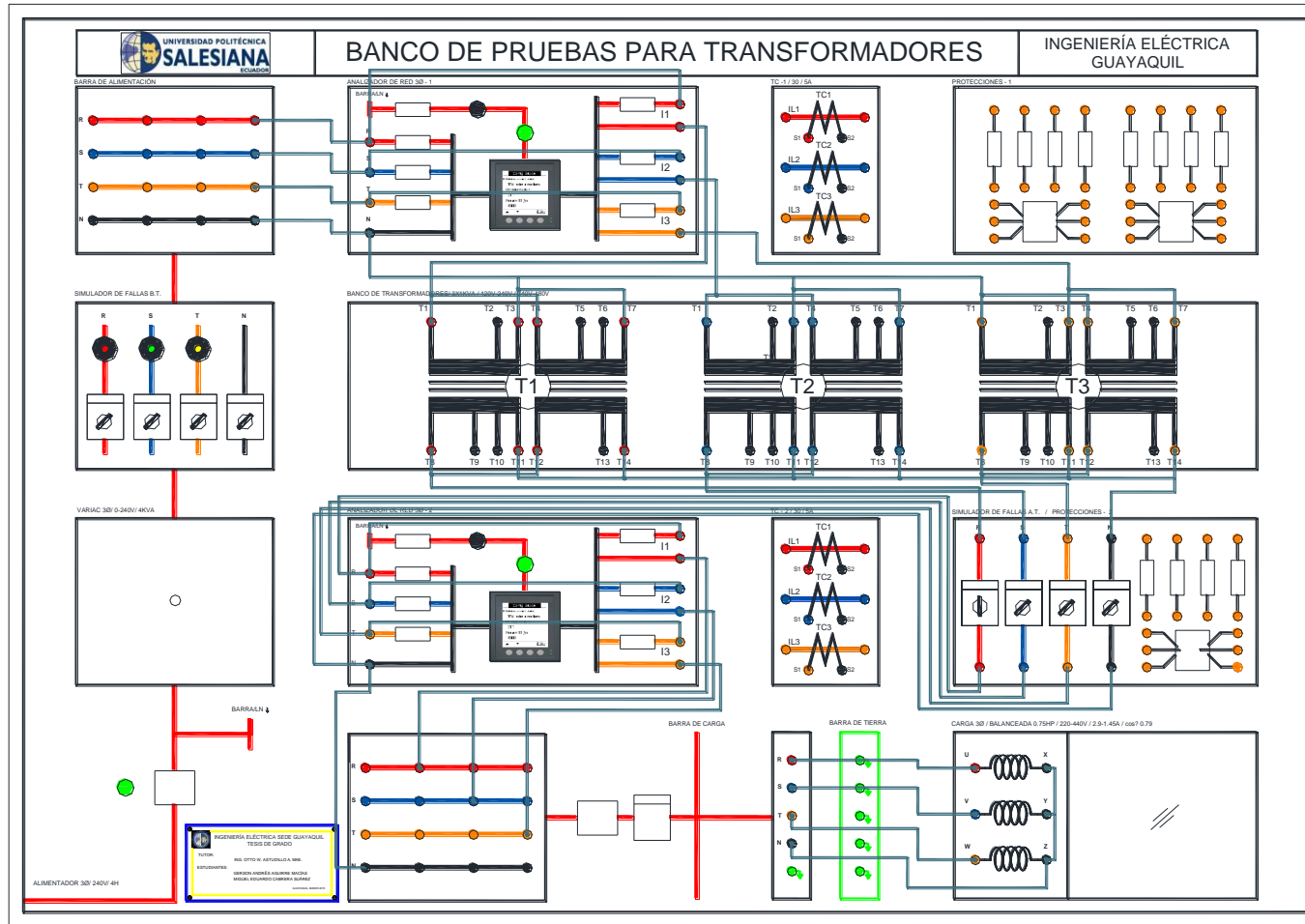


Figura 4.183: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “R”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	239.6	<b>V (r-s)</b>	120.8	<b>V (R-S)</b>	225
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (S-T)</b>	239.7	<b>V (s-t)</b>	120.8	<b>V (S-T)</b>	239
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (T-R)</b>	237.4	<b>V (t-r)</b>	119.1	<b>V (T-R)</b>	214
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(R-N)</b>	136.6	<b>V (r-n)</b>	69.2	<b>V (R-N)</b>	115
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(S-N)</b>	139.1	<b>V (s-n)</b>	70	<b>V (S-N)</b>	140
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(T-N)</b>	137.7	<b>V (t-n)</b>	68.4	<b>V (T-N)</b>	136
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>IR</b>	0.35	<b>Ir</b>	0.19	<b>IR</b>	0
<b>Is</b>	1	<b>IS</b>	0.42	<b>Is</b>	1.2	<b>IS</b>	0.57
<b>It</b>	0.92	<b>IT</b>	0.38	<b>It</b>	1.2	<b>IT</b>	0.52
<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.07	<b>In</b>	1.12	<b>IN</b>	0.56
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	33.2	<b>PT</b>	67.6	<b>PT</b>	38.2
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	156	<b>QT</b>	172.3	<b>QT</b>	145.2
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	159	<b>ST</b>	186.4	<b>ST</b>	150.3
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20	<b>FpT</b>	0.36	<b>FpT</b>	0.25

**Tabla 45:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase R en el secundario carga inductiva



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA R

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

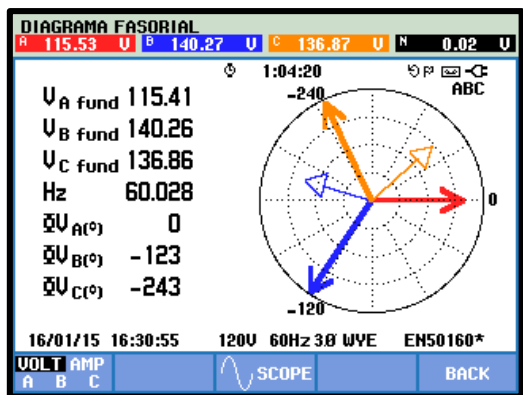


Figura 4.184: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-A – Práctica # 6

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

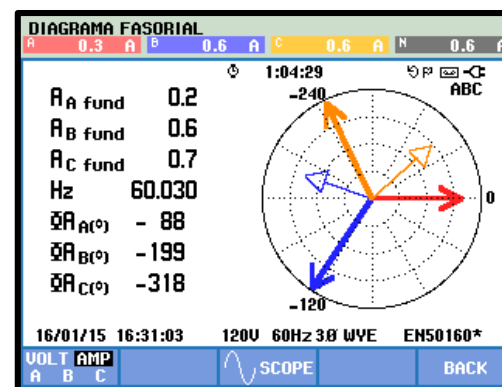


Figura 4.185: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-A – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

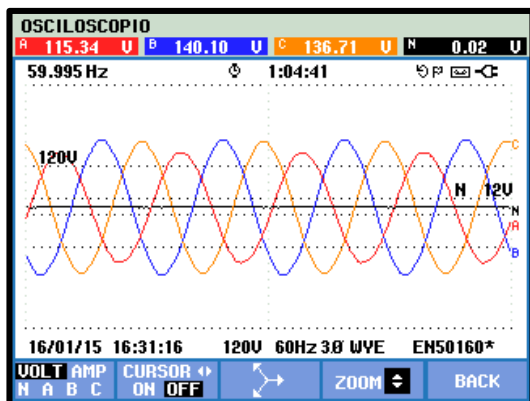


Figura 4.186: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-A – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

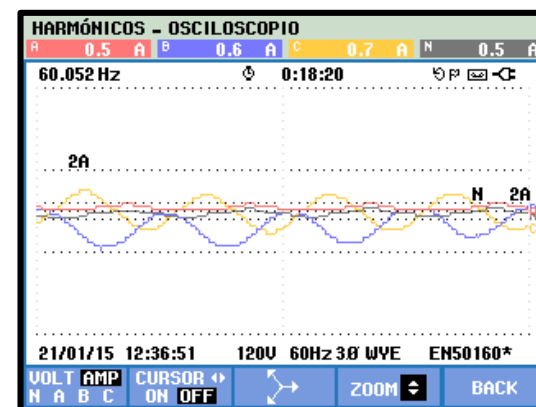
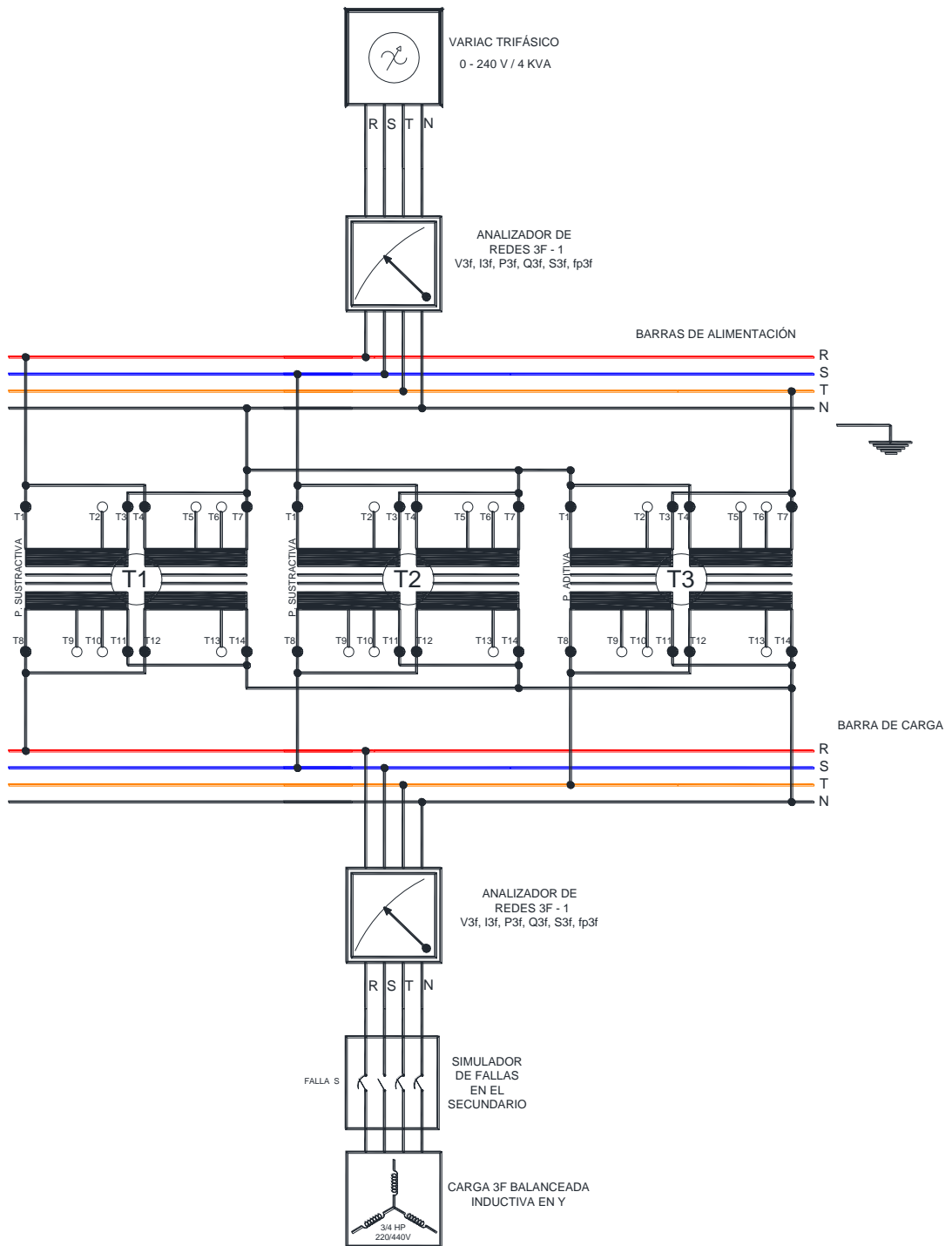


Figura 4.187: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-A – Práctica # 6

**PRUEBA No.1-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN Y A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.188:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-B – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

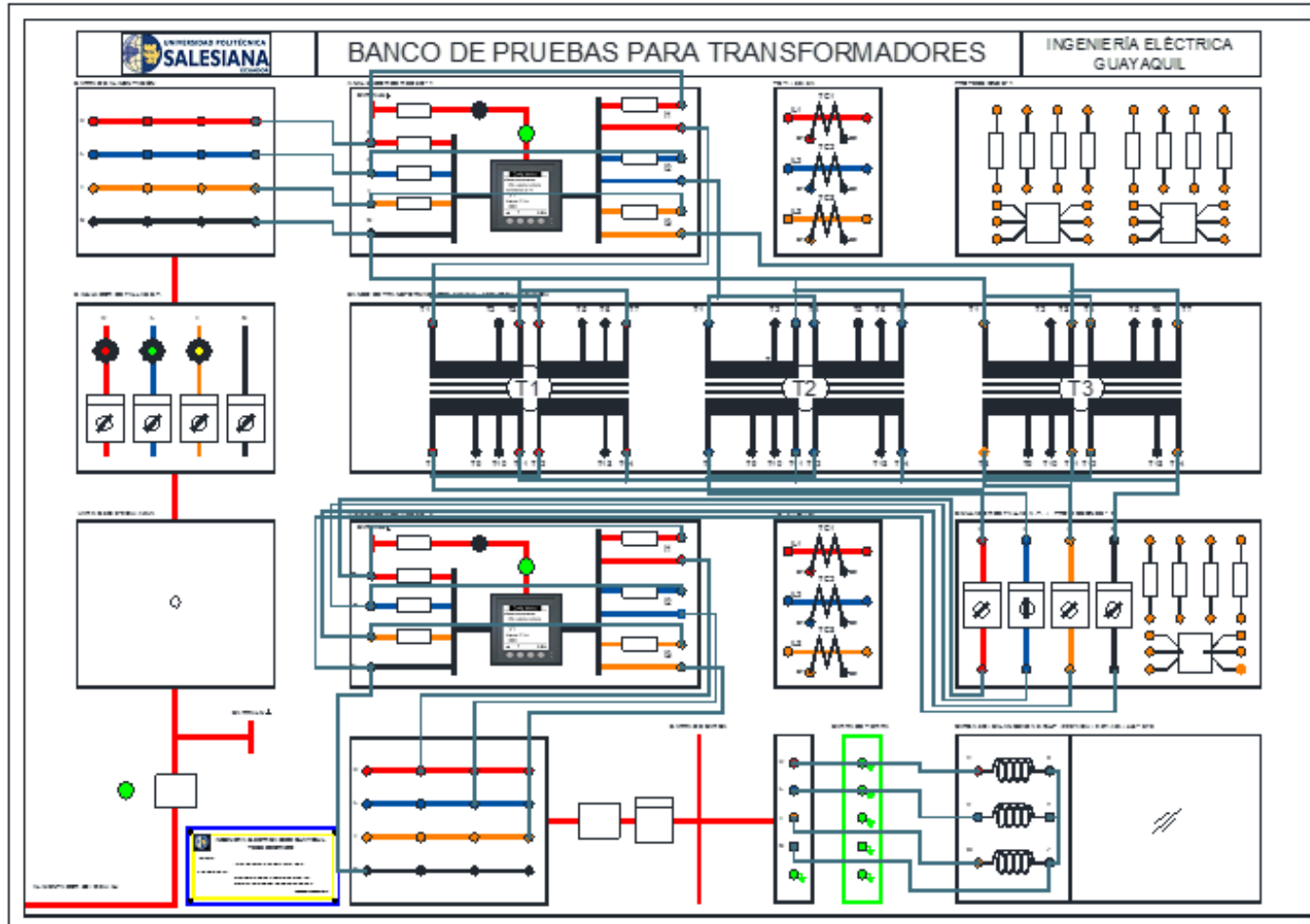


Figura 4.189: Diagrama de conexiones Prueba # 1-B – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “S”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	120.8	<b>V (R-S)</b>	214.4
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.3	<b>V (S-T)</b>	222.3
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	118.1	<b>V (T-R)</b>	237.7
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V (r-n)</b>	68.6	<b>V (R-N)</b>	137
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V (s-n)</b>	70.2	<b>V (S-N)</b>	114.2
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V (t-n)</b>	68.9	<b>V (T-N)</b>	138
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	1.24	<b>IR</b>	0.53
<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	0.18	<b>IS</b>	0
<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	1.23	<b>IT</b>	0.54
<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	1.17	<b>IN</b>	0.58
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	66.8	<b>PT</b>	37.4
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	168.9	<b>QT</b>	141.9
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	183.1	<b>ST</b>	147.1
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.36	<b>FpT</b>	0.25

**Tabla 46:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase S en el secundario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA S

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

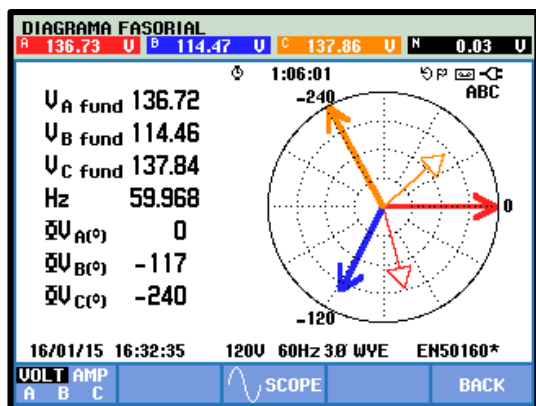


Figura 4.190: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-B – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

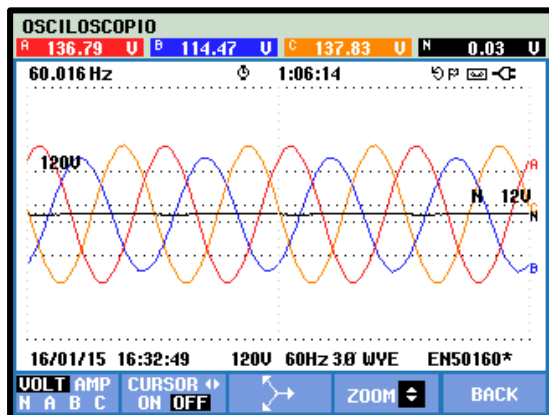


Figura 4.192: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-B – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

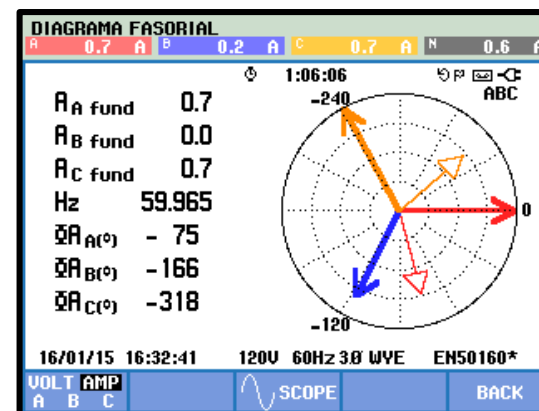


Figura 4.191: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-B – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

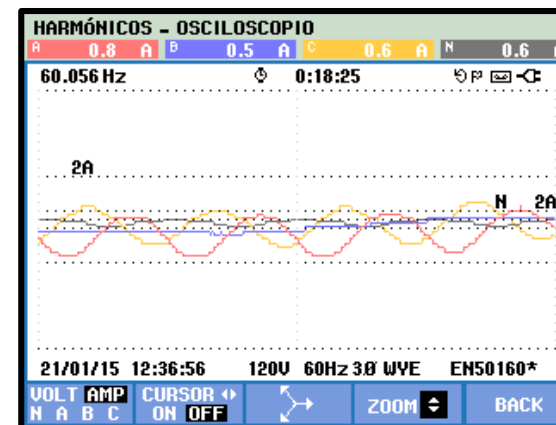
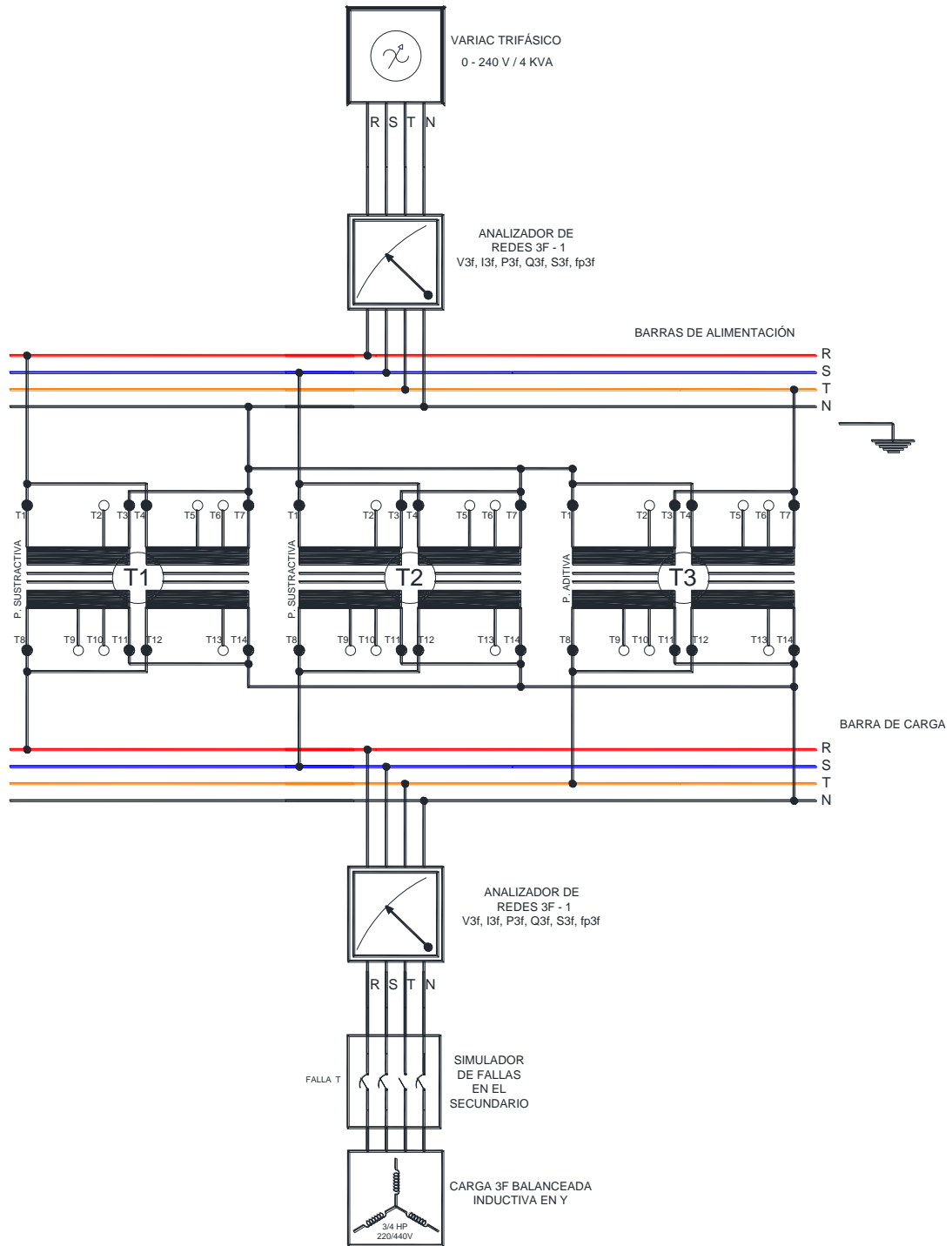


Figura 4.193: Diagrama onda de Corriente Prueba # 1-B – Práctica # 6

**PRUEBA No.1-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.194:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-C – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

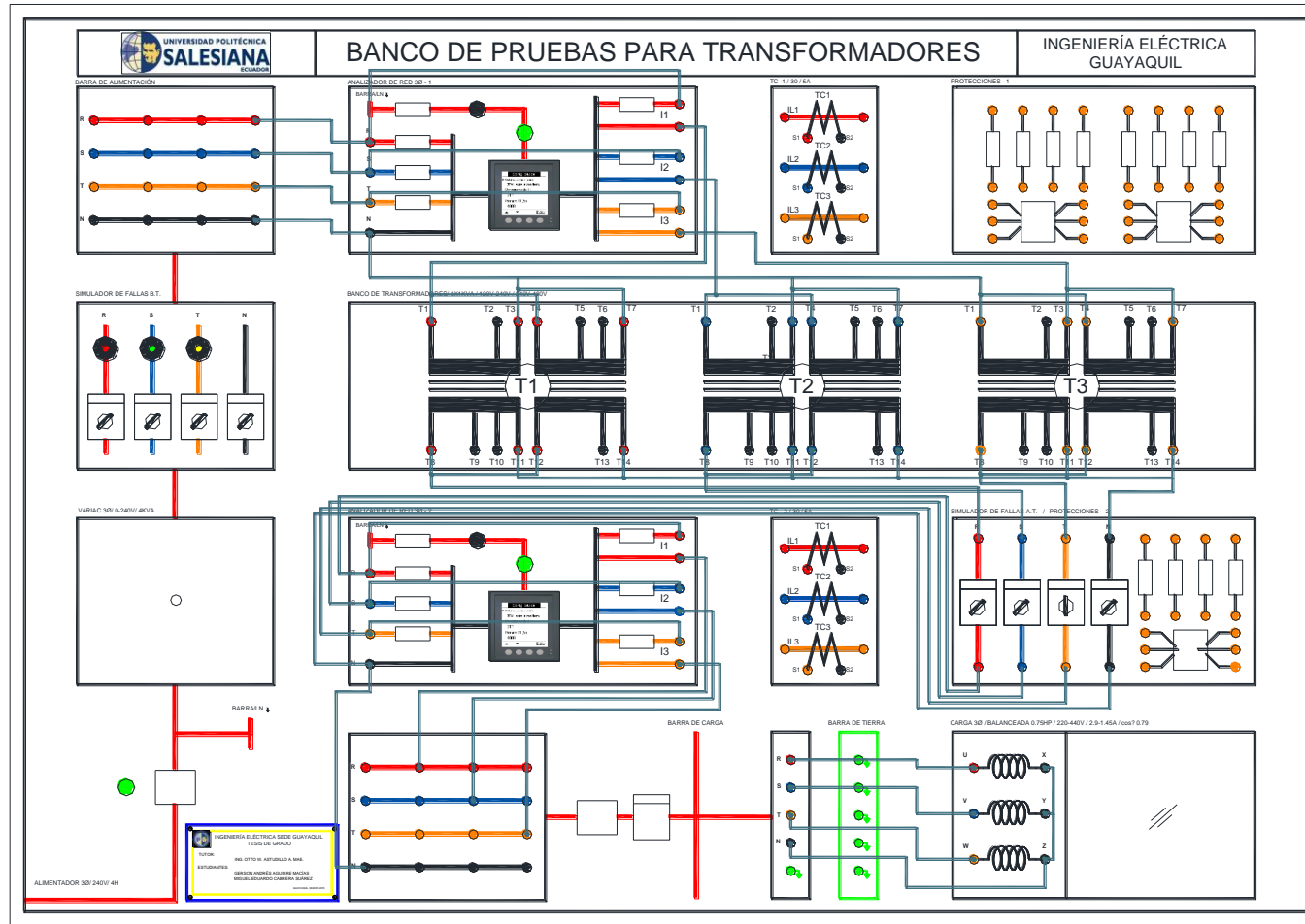


Figura 4.195: Diagrama de conexiones Prueba # 1-C – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “T”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (R-S)</b>	240.8
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.7	<b>V (S-T)</b>	217
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	118.9	<b>V (T-R)</b>	222.6
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V (r-n)</b>	68.9	<b>V (R-N)</b>	137.9
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V (s-n)</b>	69.7	<b>V (S-N)</b>	130.4
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V (t-n)</b>	69.2	<b>V (T-N)</b>	115.3
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	<b>1.15</b>	<b>IR</b>	0.49
<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	<b>1.34</b>	<b>IS</b>	0.58
<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	<b>0.18</b>	<b>IT</b>	0
<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	<b>1.13</b>	<b>IN</b>	0.57
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	67.4	<b>PT</b>	38
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	171.5	<b>QT</b>	144.7
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	185.6	<b>ST</b>	150.1
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.36	<b>FpT</b>	0.25

**Tabla 47:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase T en el secundario carga inductiva



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA T

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

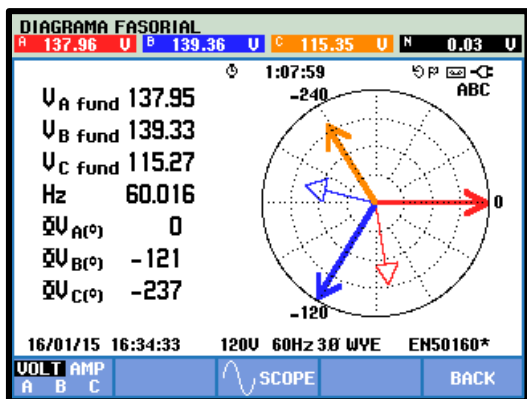


Figura 4.196: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-C – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

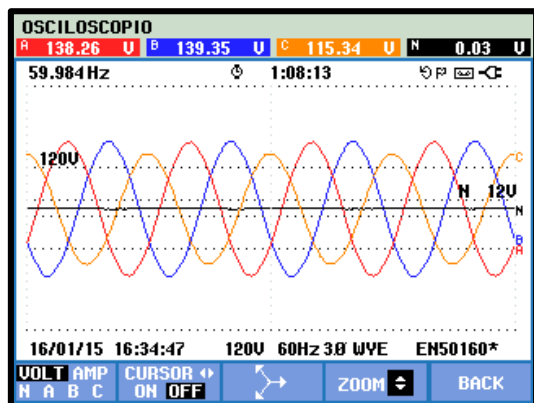


Figura 4.198: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-C – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

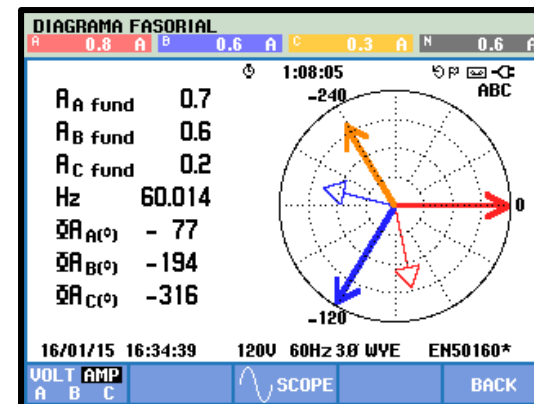


Figura 4.197: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-C – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

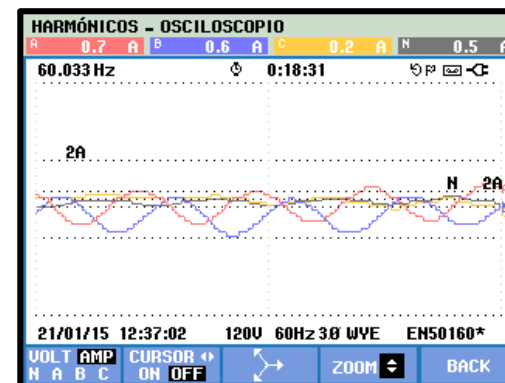


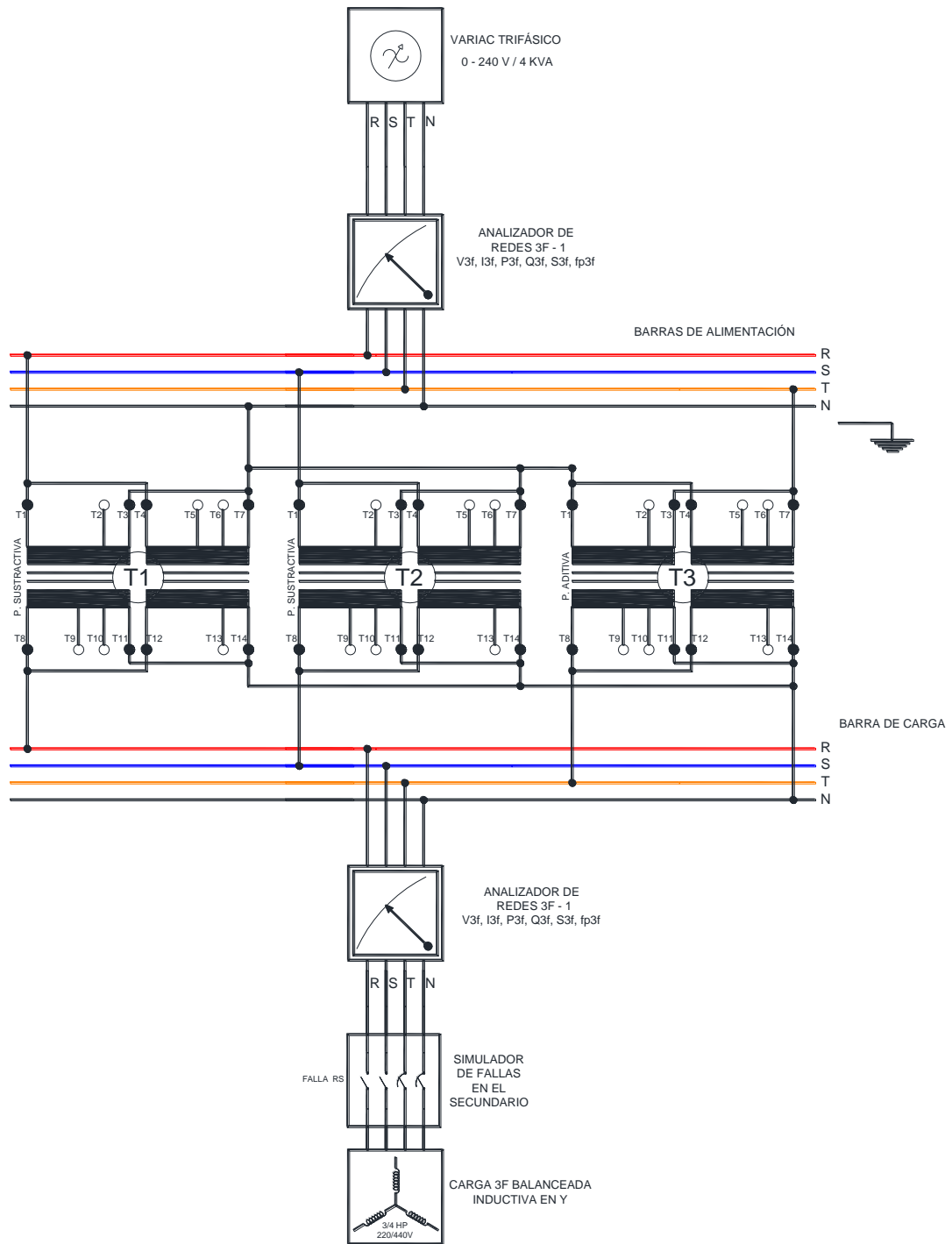
Figura 4.199: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-C – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.1-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “RS” EN EL  
SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA  
INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.200:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-D – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

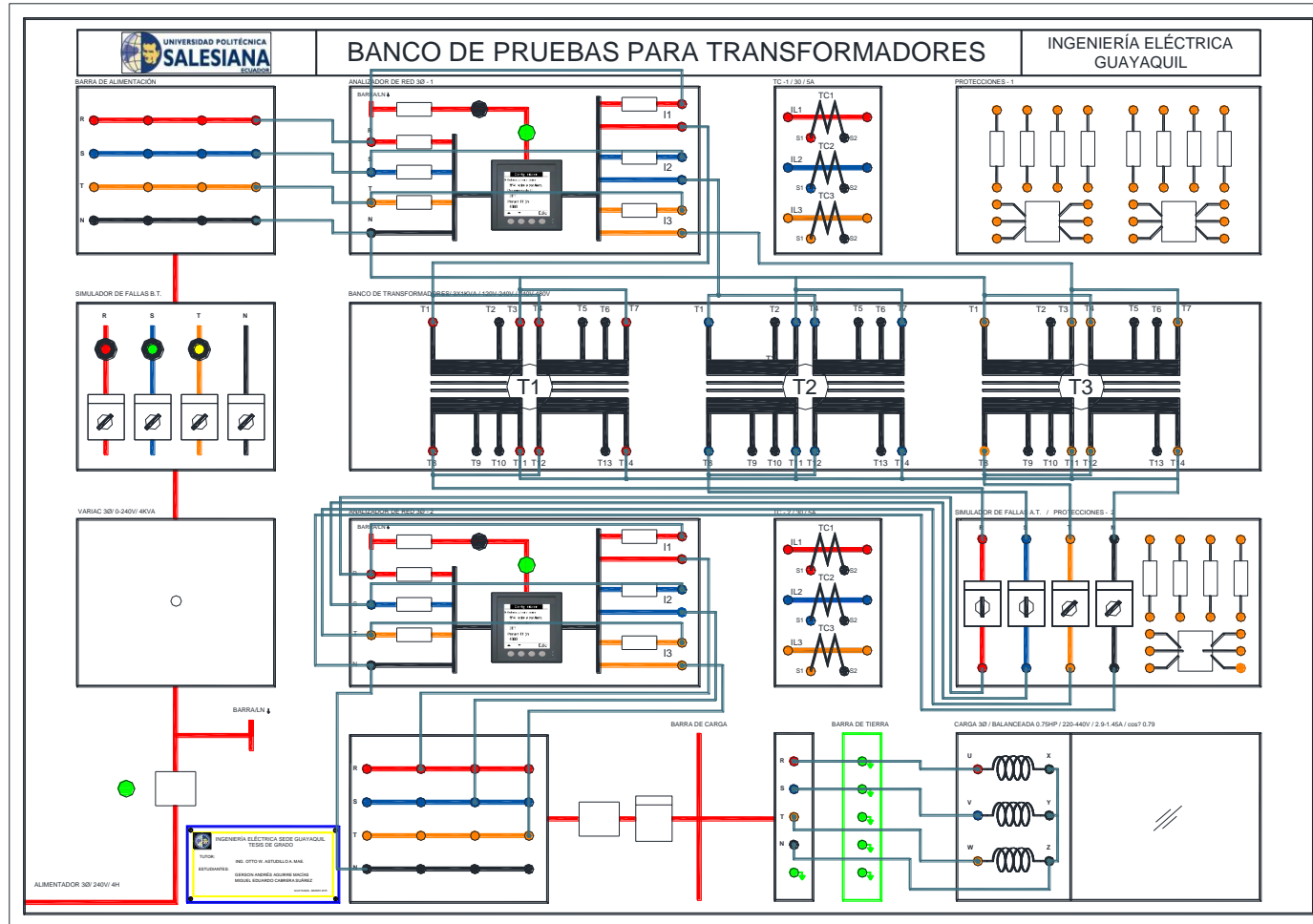


Figura 4.201: Diagrama de conexiones Prueba # 1-D – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “RS”, EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “RS”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	121.7	<b>V (R-S)</b>	163.8
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.2	<b>V (S-T)</b>	206.6
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	119.9	<b>V (T-R)</b>	197.1
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V (r-n)</b>	69.5	<b>V (R-N)</b>	93.7
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V (s-n)</b>	70.6	<b>V (S-N)</b>	97.3
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V (t-n)</b>	68.9	<b>V (T-N)</b>	136.1
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	0.19	<b>IR</b>	0
<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	0.18	<b>IS</b>	0
<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	2	<b>IT</b>	0.92
<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	1.8	<b>IN</b>	0.92
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	78.5	<b>PT</b>	47.6
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	144.5	<b>QT</b>	116.4
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	165.7	<b>ST</b>	125.8
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.47	<b>FpT</b>	0.37

**Tabla 48:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase RS en el secundario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA RS

**DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE**

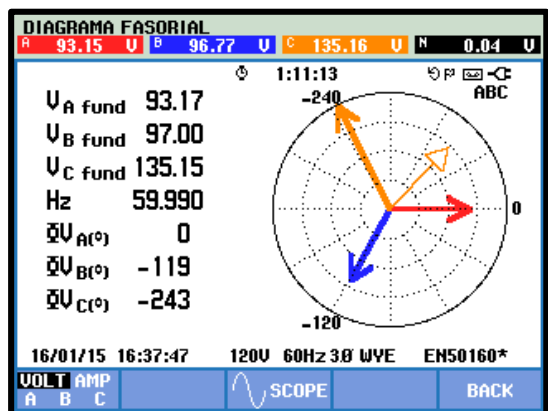


Figura 4.202: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-D – Práctica # 6

**DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE**

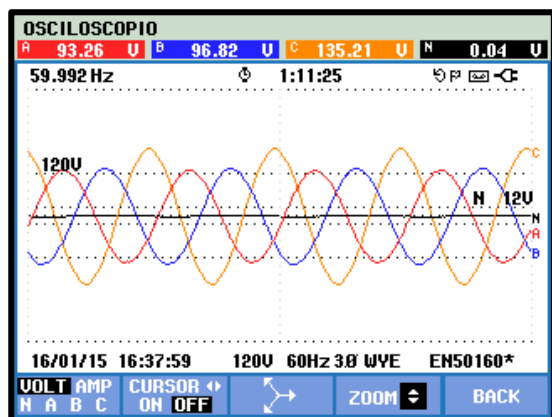


Figura 4.204: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-C – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES**

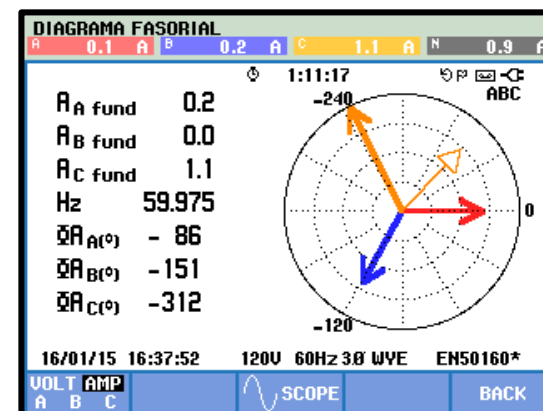


Figura 4.203: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-C – Práctica # 6

**DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES**

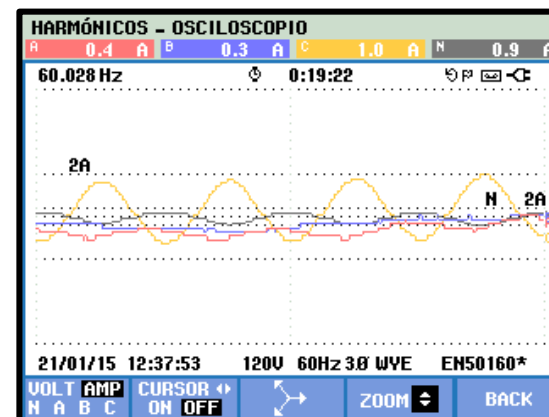


Figura 4.205: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-C – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.1-E: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “ST” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores

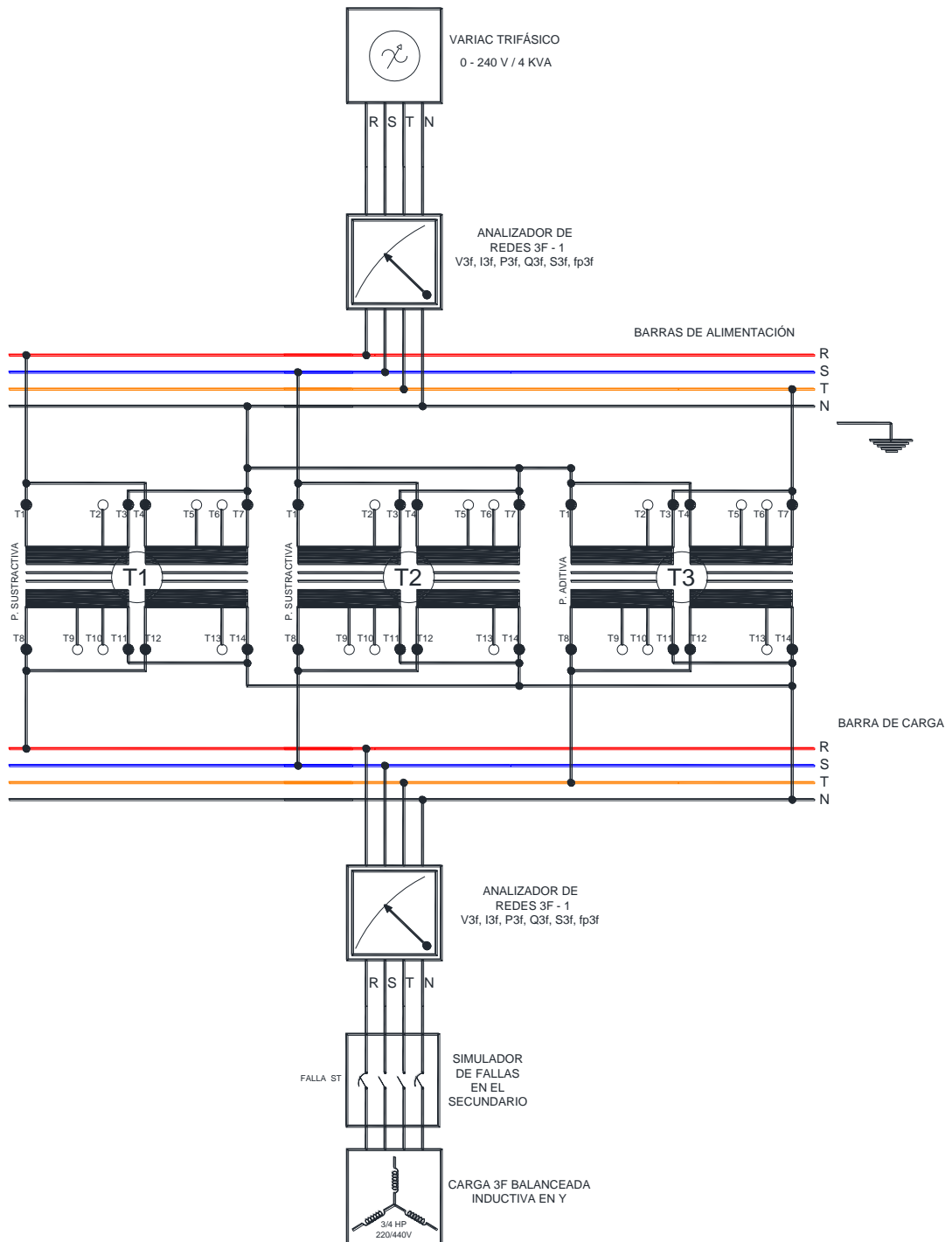


Figura 4.206: Diagrama eléctrico Prueba # 1-E – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

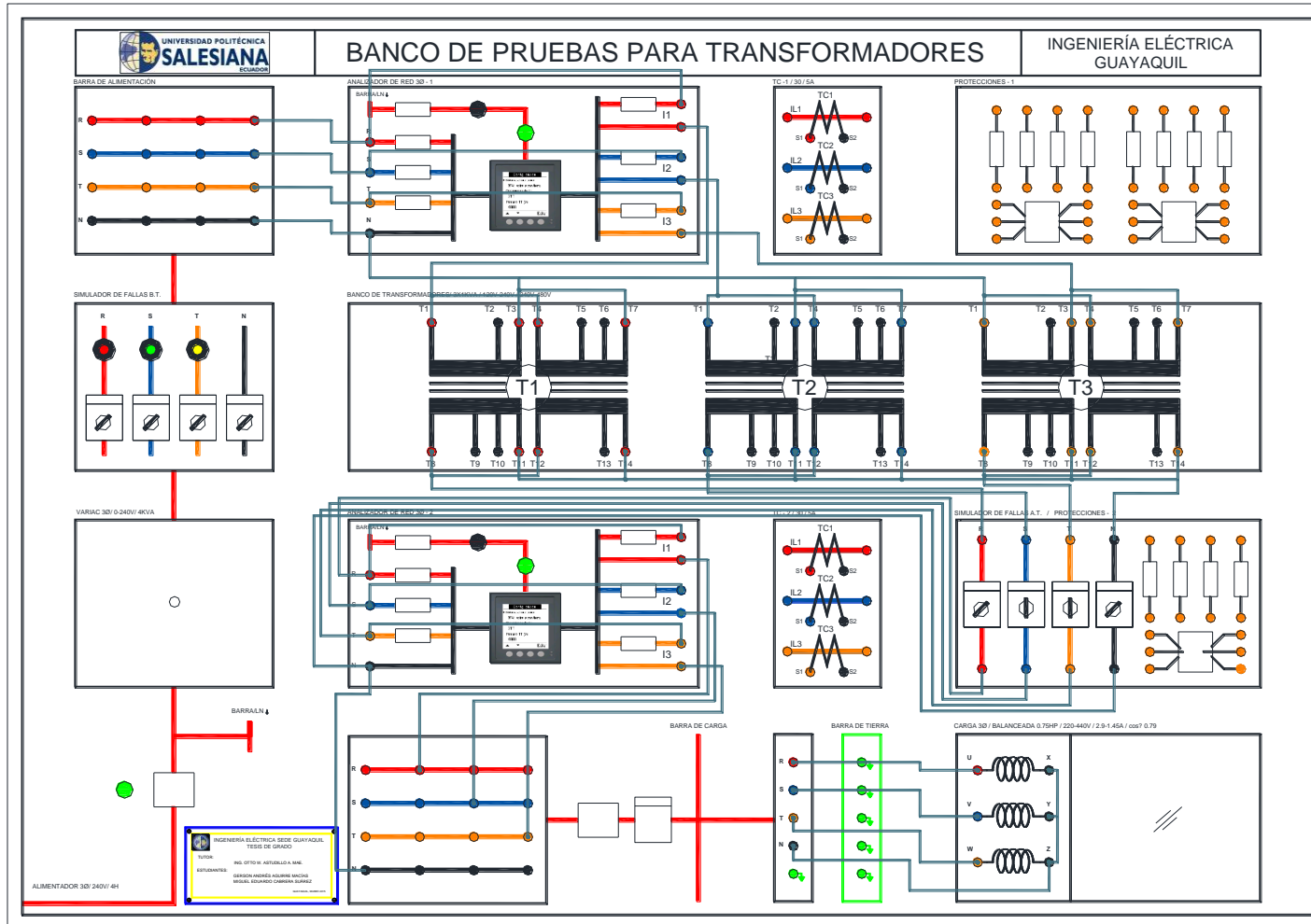


Figura 4.207: Diagrama de conexiones Prueba # 1-E – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-E: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “ST”, EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “ST”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	121.7	<b>V (R-S)</b>	197.4
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	121.1	<b>V (S-T)</b>	164.3
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	119.7	<b>V (T-R)</b>	207.3
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V (r-n)</b>	69.2	<b>V (R-N)</b>	136.2
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V (s-n)</b>	70.2	<b>V (S-N)</b>	93.7
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V (t-n)</b>	70.2	<b>V (T-N)</b>	97.4
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	2	<b>IR</b>	0.92
<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	0.18	<b>IS</b>	0
<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	0.18	<b>IT</b>	0
<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	1.8	<b>IN</b>	0.93
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	77.7	<b>PT</b>	47.1
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	144.1	<b>QT</b>	117.1
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	165.2	<b>ST</b>	126.1
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.47	<b>FpT</b>	0.37

**Tabla 49:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase ST en el secundario carga inductiva



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA ST

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

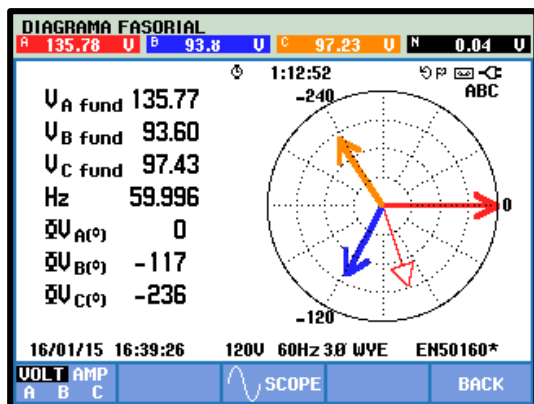


Figura 4.208: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-E – Práctica # 6

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

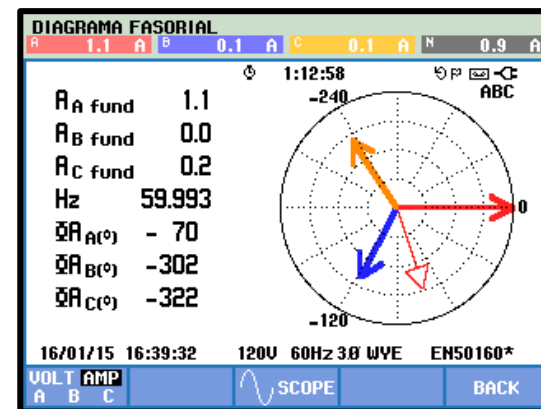


Figura 4.209: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-E – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

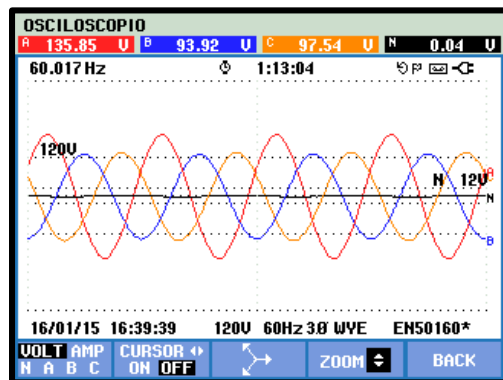


Figura 4.210: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-E – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

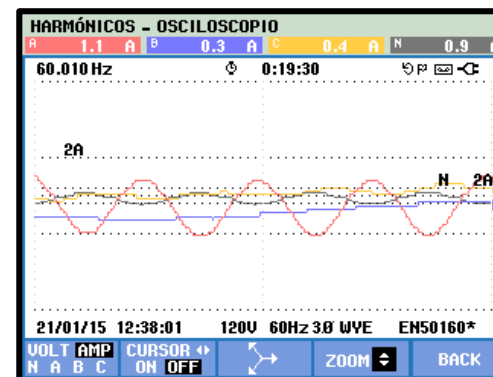
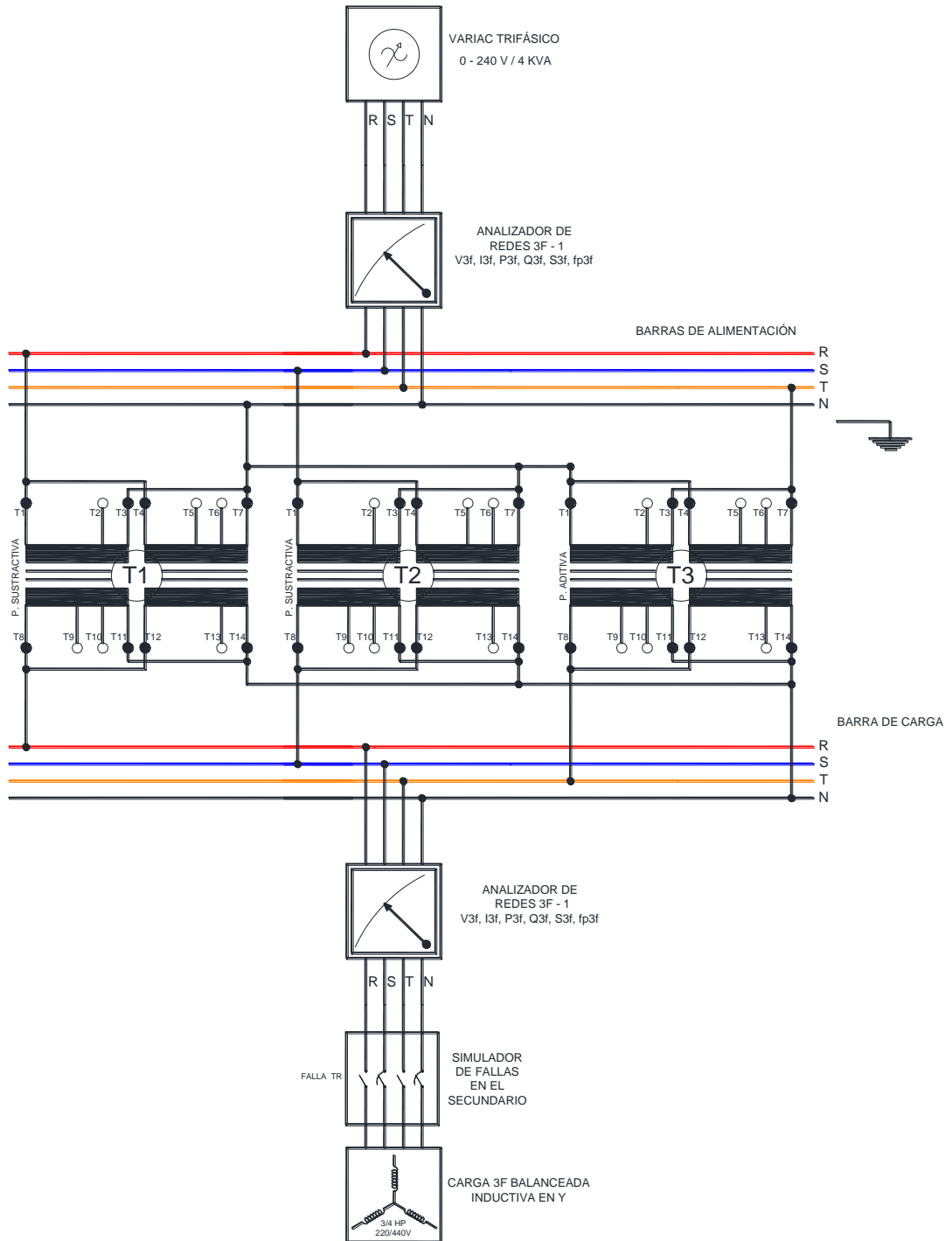


Figura 4.211: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-E – Práctica # 6

**PRUEBA No.1-F: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “TR” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.212: Diagrama eléctrico Prueba # 1-F – Práctica # 6**

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

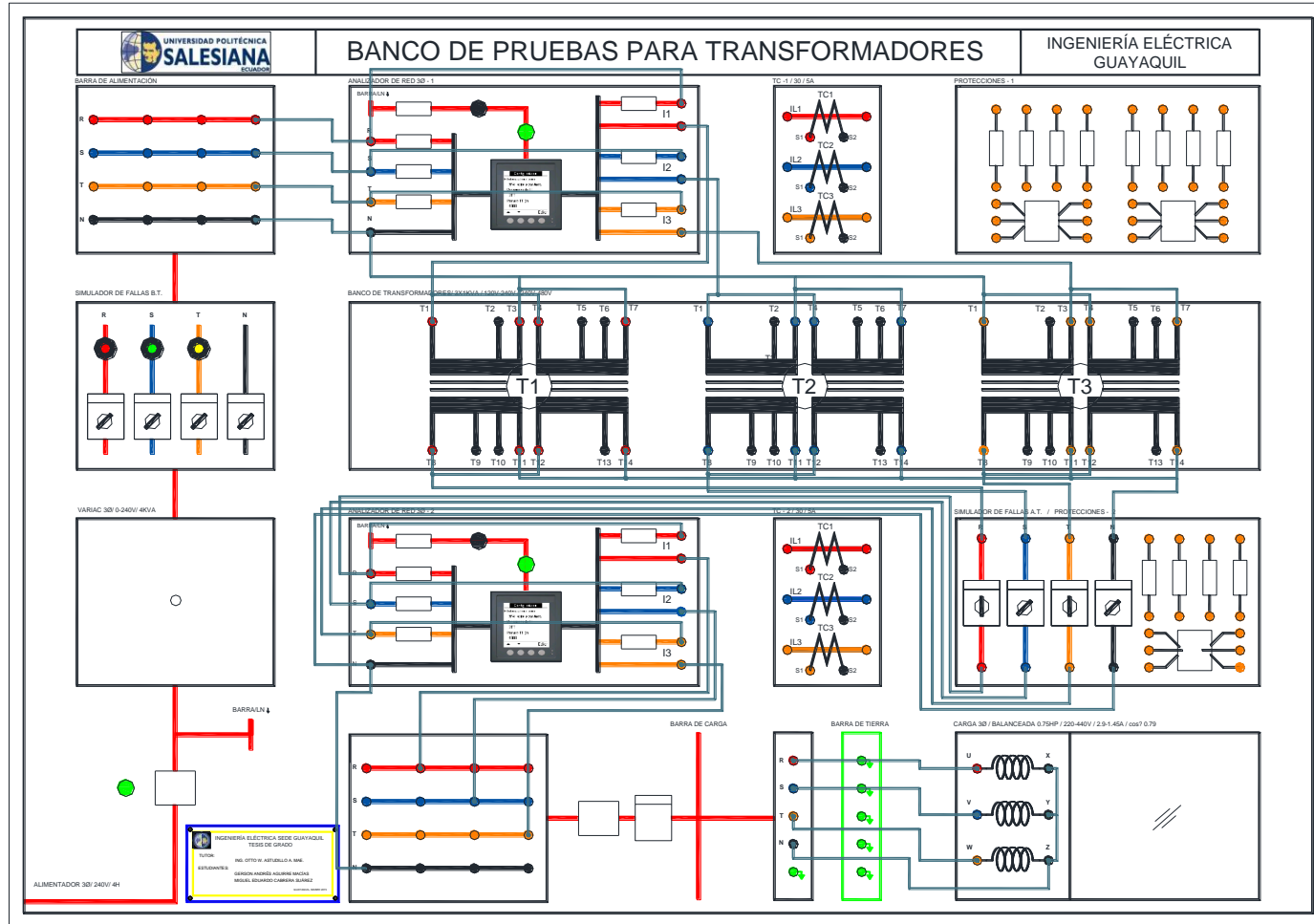


Figura 4.213: Diagrama de conexiones Prueba # 1-F – Práctica # 6

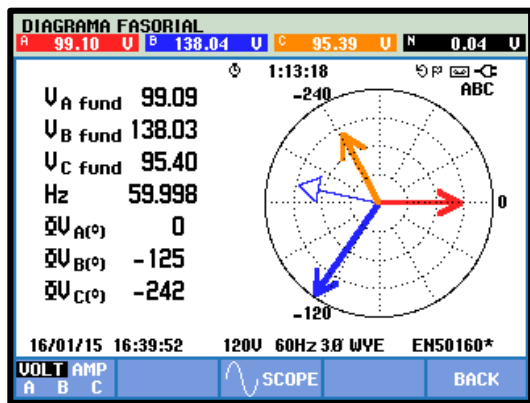
## REGISTRO DE RESULTADOS

TABLA No.1-F: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “TR”, EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V							
ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “TR”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	120.5	V (r-s)	120.5	V (r-s)	121.4	V (R-S)	210.6
V (s-t)	120.1	V (s-t)	120.1	V (s-t)	120.8	V (S-T)	201.1
V (t-r)	119.2	V (t-r)	119.2	V (t-r)	120.4	V (T-R)	199.6
V(r-n)	68.8	V(r-n)	68.8	V (r-n)	70.1	V (R-N)	98.7
V(s-n)	69.7	V(s-n)	69.7	V (s-n)	69.6	V (S-N)	137.8
V(t-n)	69.3	V(t-n)	69.3	V (t-n)	69.5	V (T-N)	95.2
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	0.86	Ir	0.86	Ir	0.19	IR	0
Is	1	Is	1	Is	2.03	IS	0.93
It	0.92	It	0.92	It	0.18	IT	0
In	0.14	In	0.14	In	1.86	IN	0.93
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	63.2	PT	63.2	PT	78.4	PT	47.7
QT	182.15	QT	182.15	QT	146.7	QT	119.8
ST	192.7	ST	192.7	ST	168.1	ST	124.1
FpT	0.32	FpT	0.32	FpT	0.46	FpT	0.36

**Tabla 50:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase TR en el secundario carga inductiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA TR

**DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE**



Fuente: Los autores

**DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES**

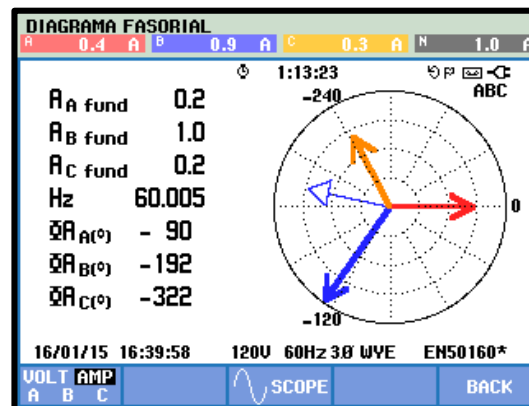


Figura 4.215: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-F – Práctica # 6

**DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE**

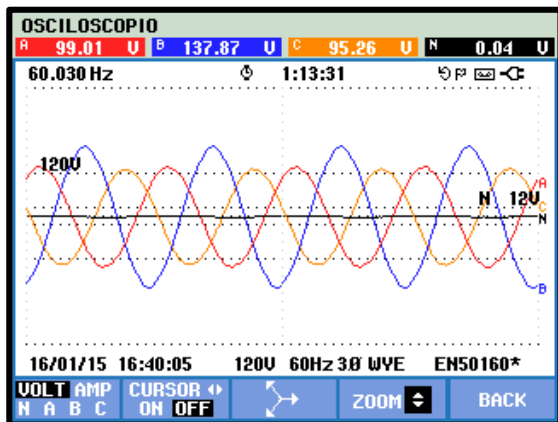


Figura 4.216: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-F – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES**

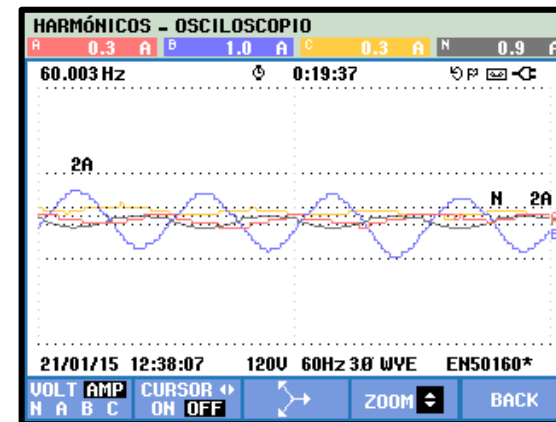
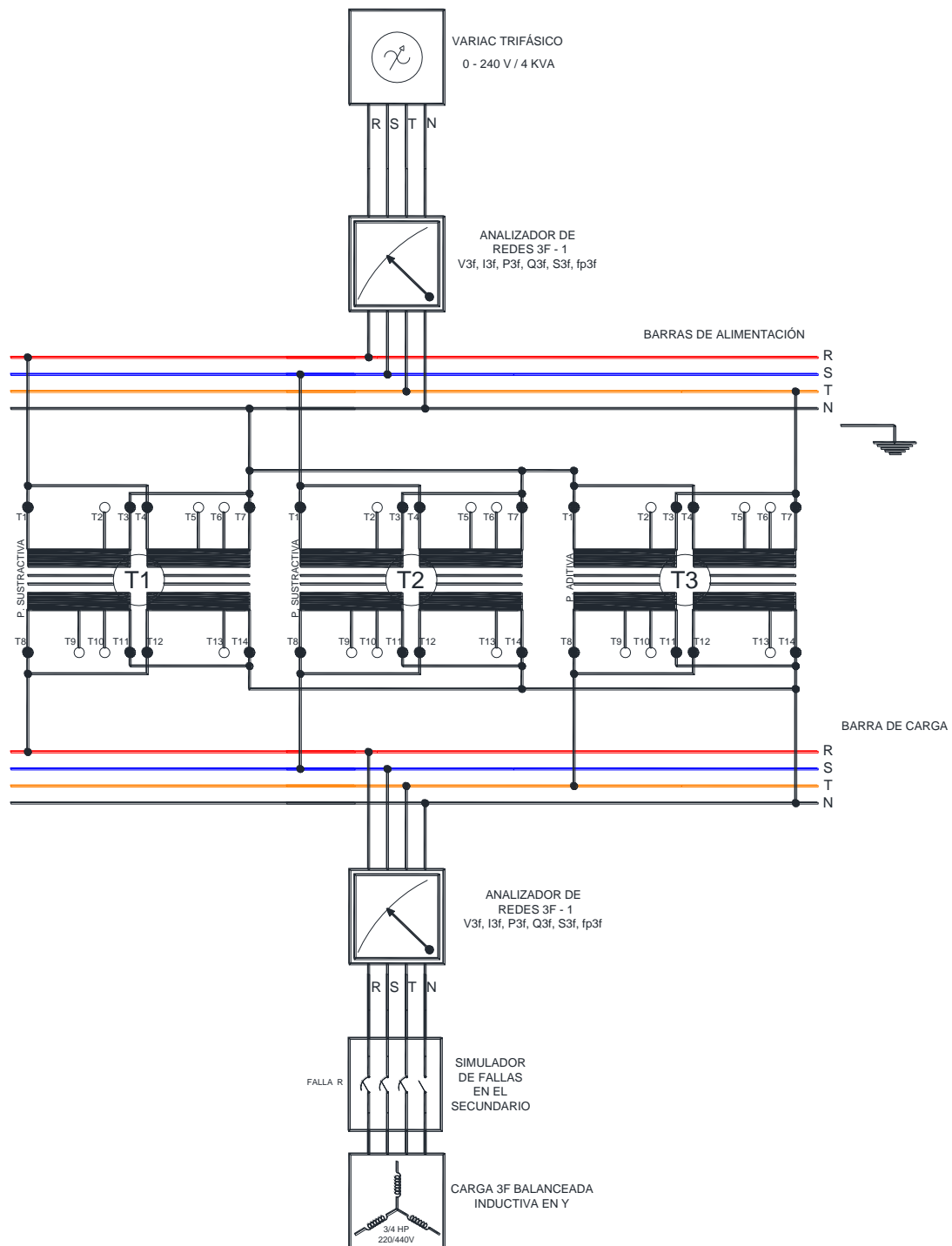


Figura 4.217: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-F – Práctica # 6

**PRUEBA No.1-G: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL  
SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA  
INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.218:** Diagrama eléctrico Prueba # 1-G – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

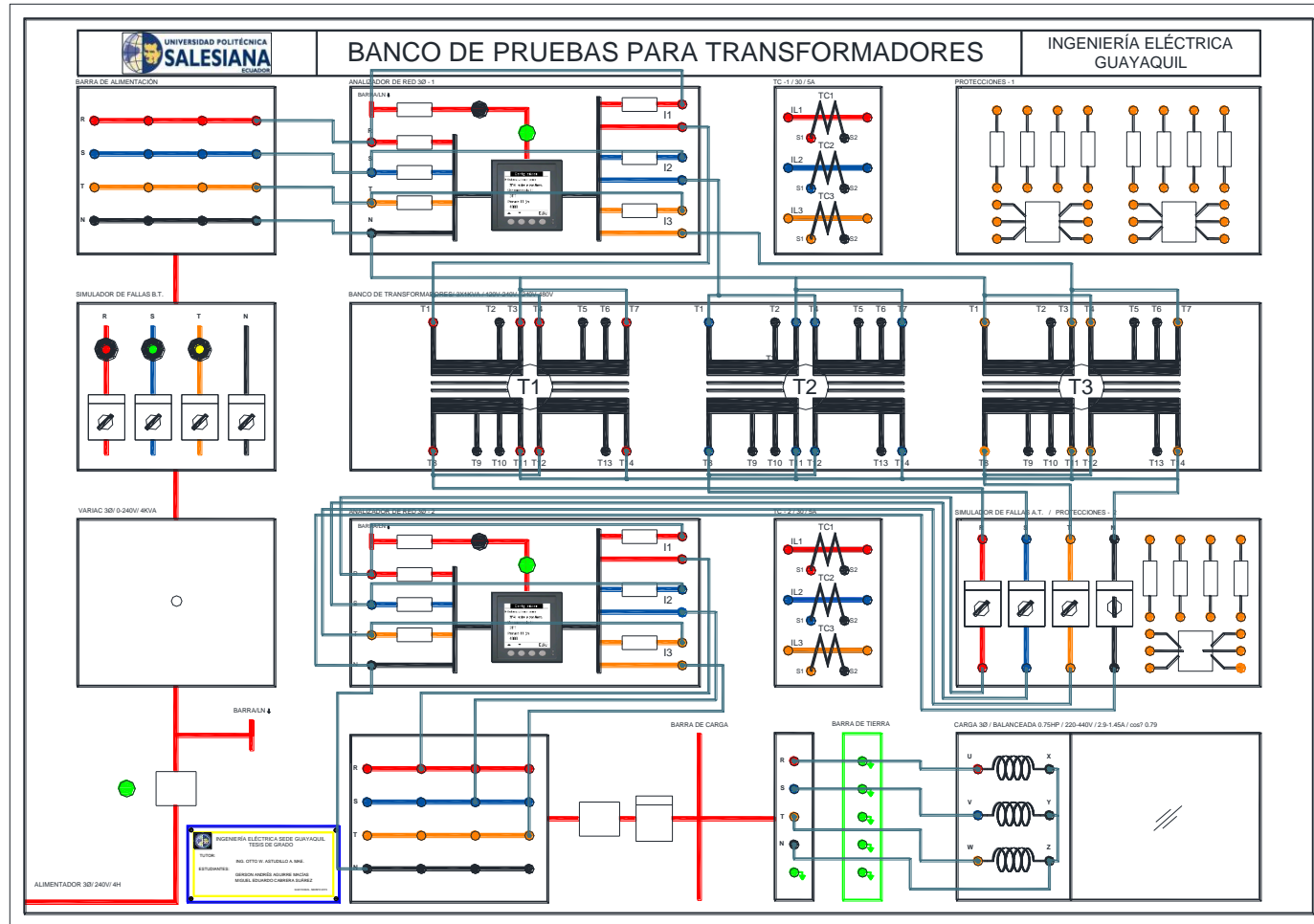


Figura 4.219: Diagrama de conexiones Prueba # 1-G – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1-G: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA INDUCTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE LA PERDIDA DEL NEUTRO</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	120.5	<b>V (r-s)</b>	120.9	<b>V (R-S)</b>	240
<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.1	<b>V (s-t)</b>	120.3	<b>V (S-T)</b>	239.9
<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	119.2	<b>V (t-r)</b>	119	<b>V (T-R)</b>	236.5
<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V(r-n)</b>	68.8	<b>V (r-n)</b>	69	<b>V (R-N)</b>	136.9
<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V(s-n)</b>	69.7	<b>V (s-n)</b>	70	<b>V (S-N)</b>	139.8
<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V(t-n)</b>	69.3	<b>V (t-n)</b>	69	<b>V (T-N)</b>	137.3
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	0.86	<b>Ir</b>	0.89	<b>IR</b>	0.36
<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	1	<b>Is</b>	0.98	<b>IS</b>	0.41
<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	0.92	<b>It</b>	0.90	<b>IT</b>	0.37
<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	0.14	<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.005
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	63.2	<b>PT</b>	62.5	<b>PT</b>	33.3
<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	182.15	<b>QT</b>	183.2	<b>QT</b>	156.8
<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	192.7	<b>ST</b>	193.8	<b>ST</b>	160.2
<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.32	<b>FpT</b>	0.20

**Tabla 51:** Valores medidos del sistema Y-Y simulación de pérdida del neutro en el secundario carga inductiva



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA DEL NEUTRO

**DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE**

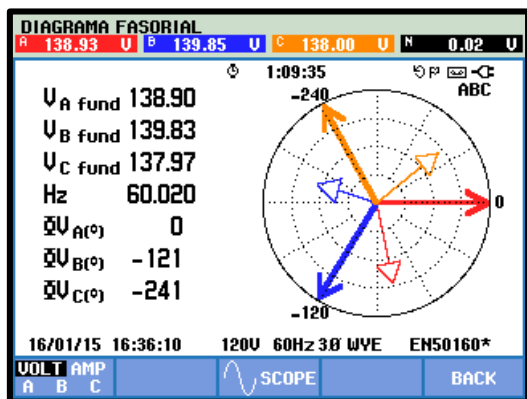


Figura 4.220: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 1-G – Práctica # 6

**DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE**

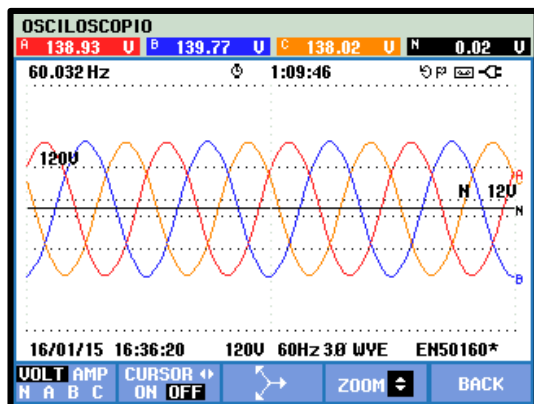


Figura 4.222: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 1-G – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES**

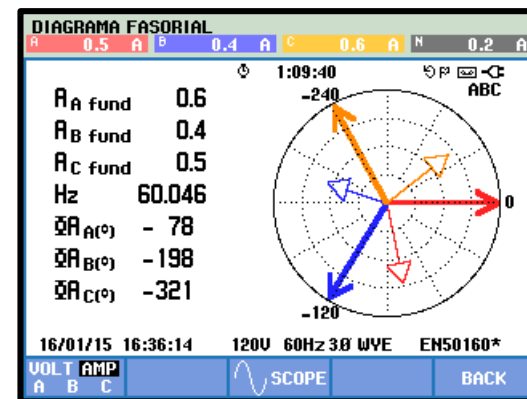


Figura 4.221: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 1-G – Práctica # 6

**DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES**

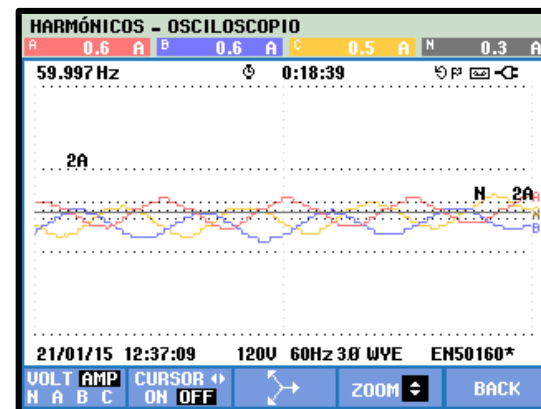


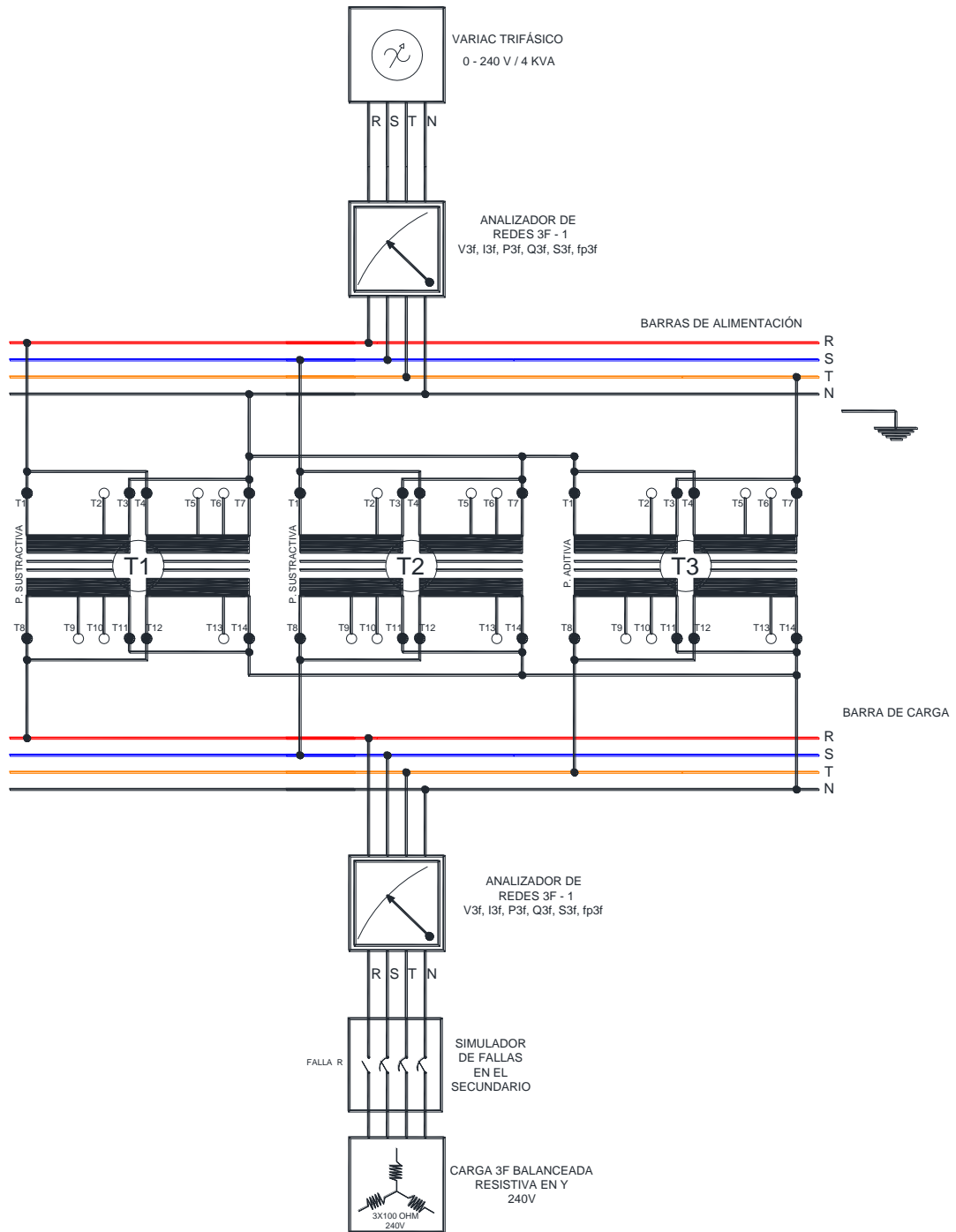
Figura 4.223: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 1-G – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.2-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V.**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

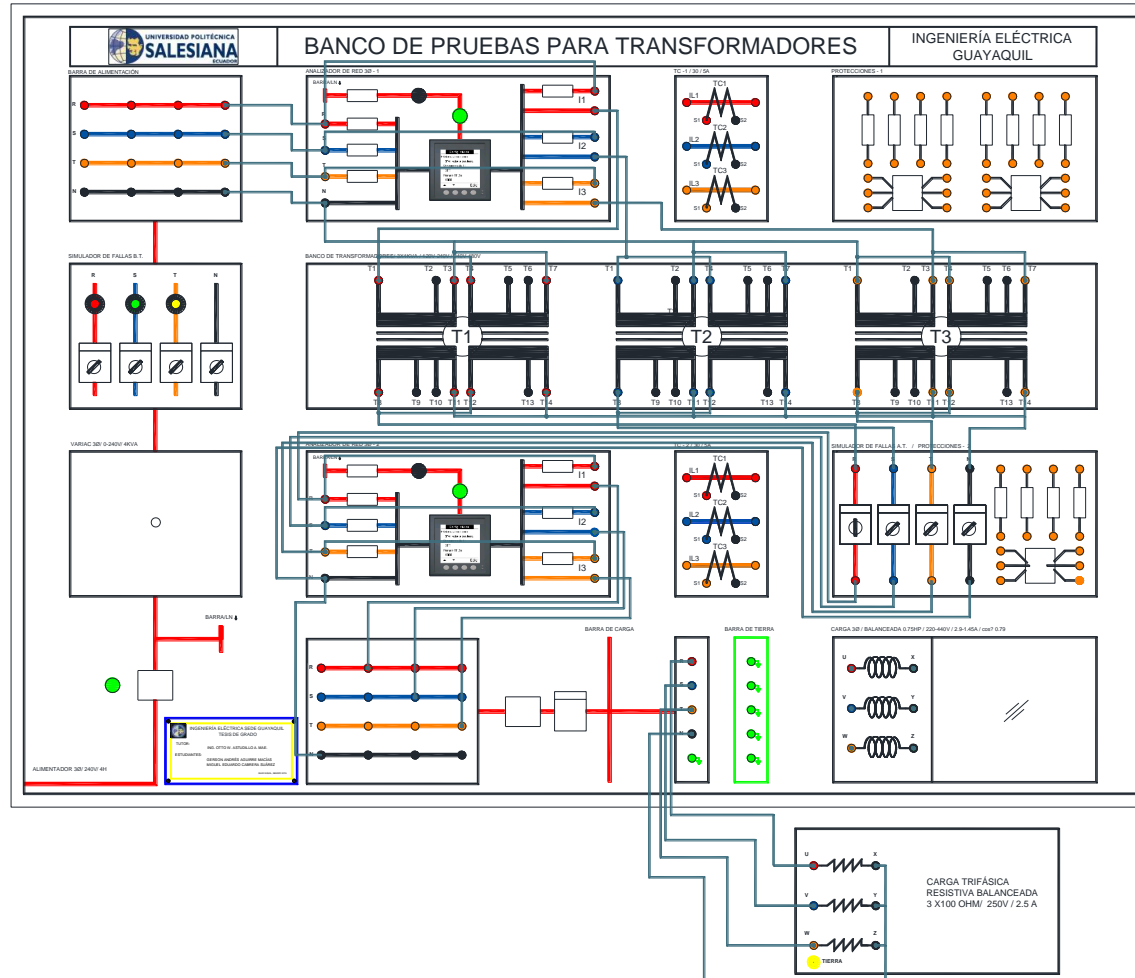
Fuente: Los autores



**Figura 4.224:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-A – Práctica # 6

## DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores



**Figura 4.225:** Diagrama de conexiones Prueba # 2-A – Práctica # 6

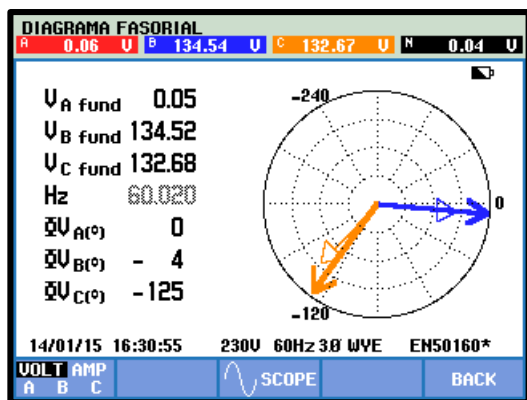
## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “R”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	121.1	<b>V (R-S)</b>	134.4
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	119.3	<b>V (S-T)</b>	232.1
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	119.3	<b>V (T-R)</b>	132.3
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	70.2	<b>V (R-N)</b>	0
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	69	<b>V (S-N)</b>	134.3
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	68.3	<b>V (T-N)</b>	132.3
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	0.19	<b>IR</b>	0
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	2.8	<b>IS</b>	1.3
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	2.8	<b>IT</b>	1.3
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.5	<b>IN</b>	1.3
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	394.6	<b>PT</b>	357.1
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	42.1	<b>QT</b>	3.7
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	400.3	<b>ST</b>	357.1
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.98	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 52:** Valores medidos del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase R en el secundario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA R

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE



Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

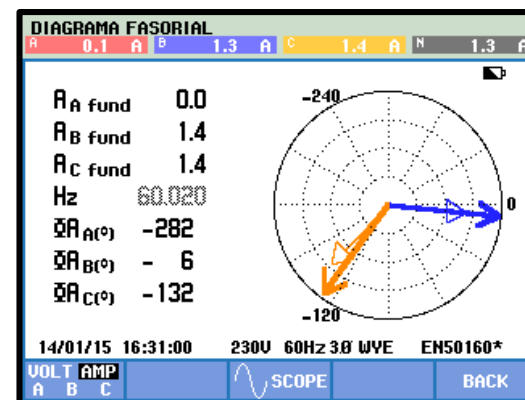


Figura 4.227: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-A – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

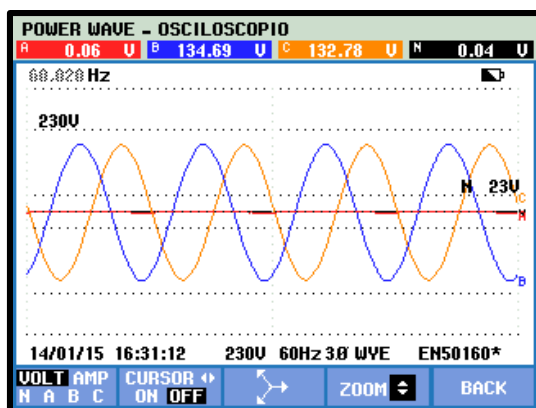


Figura 4.228: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-A – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

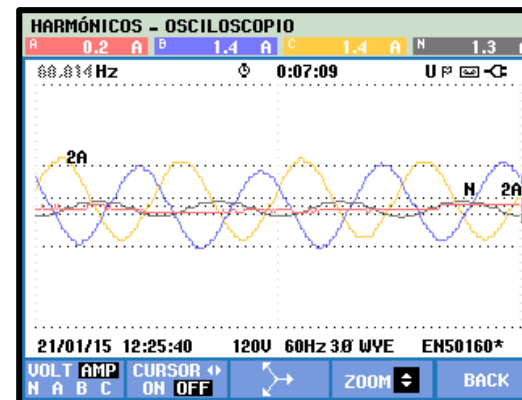
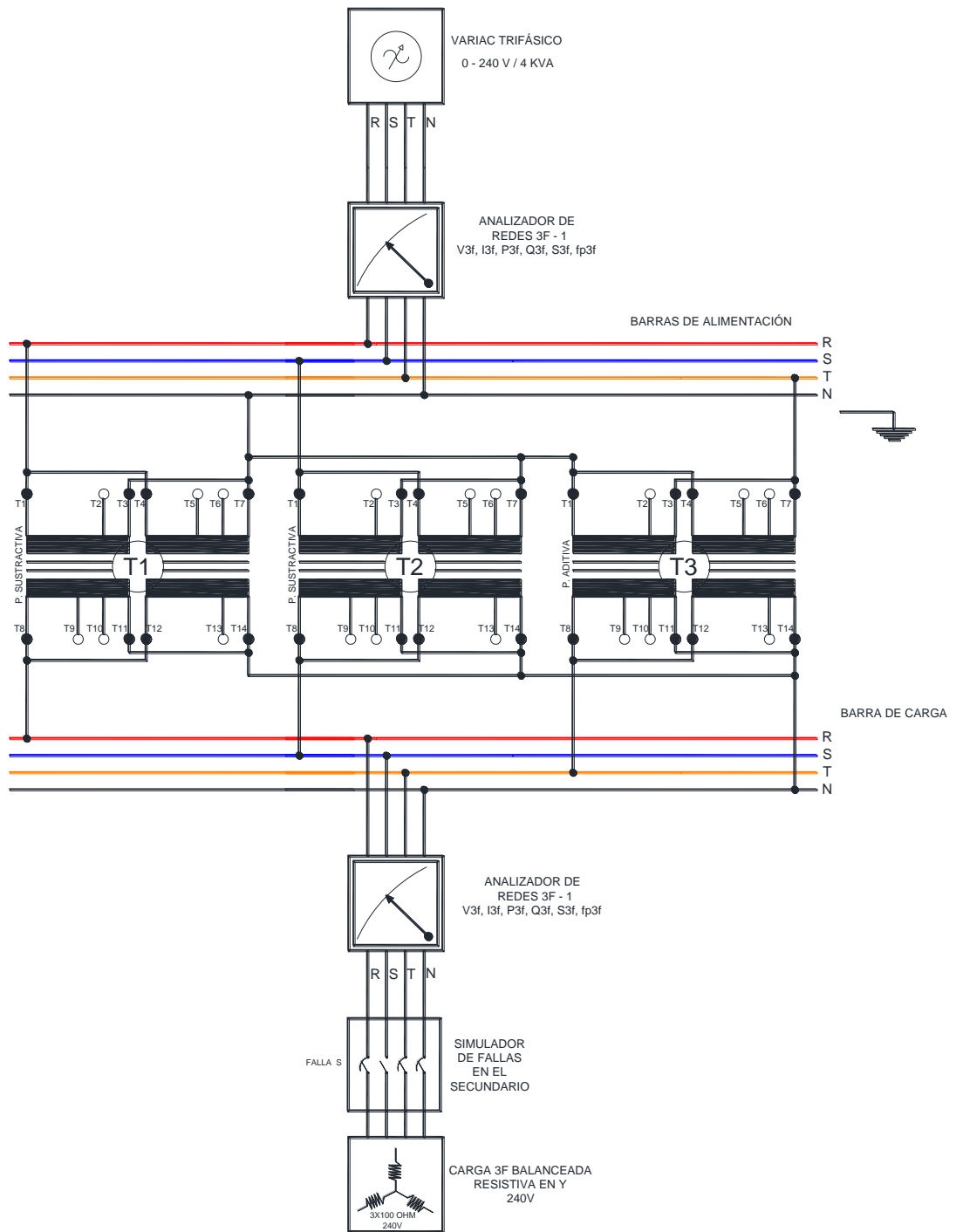


Figura 4.229: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-A – Práctica # 6

**PRUEBA No.2-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN Y A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.230:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-B – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

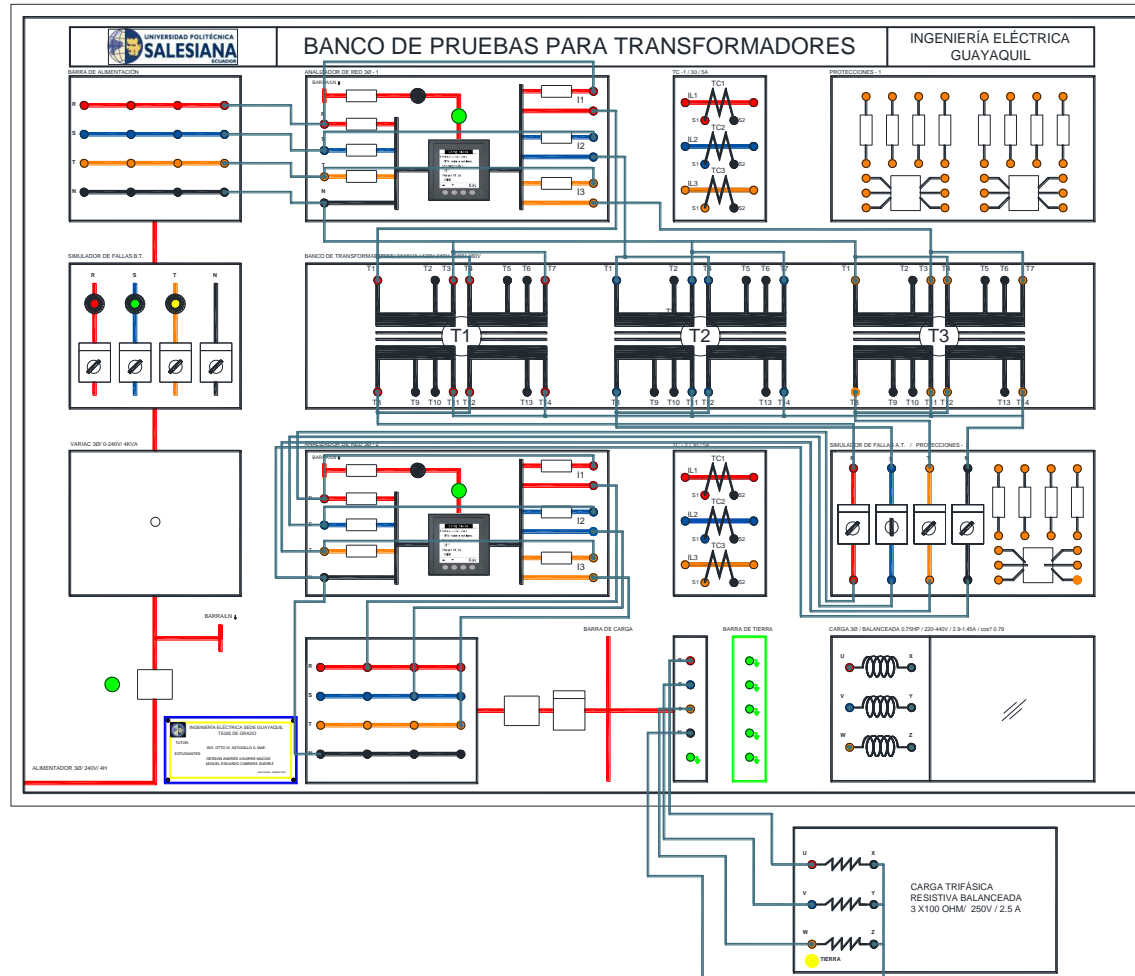


Figura 4.231: Diagrama de conexiones Prueba # 2-B – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

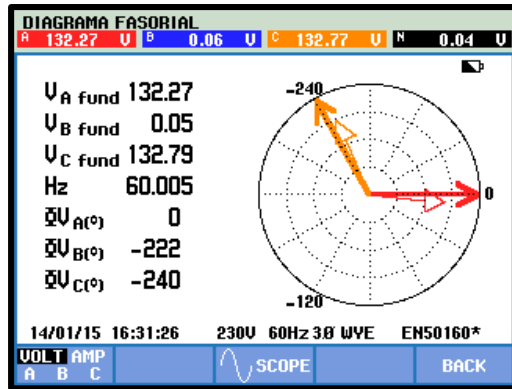
<b>TABLA No.2-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “S”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	120.9	<b>V (R-S)</b>	132.4
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	120.3	<b>V (S-T)</b>	131.7
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	118.4	<b>V (T-R)</b>	229.1
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	68.8	<b>V (R-N)</b>	133
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	70.6	<b>V (S-N)</b>	0
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	68.3	<b>V (T-N)</b>	132.1
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	2.7	<b>IR</b>	1.3
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	0.19	<b>IS</b>	0
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	2.8	<b>IT</b>	1.3
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.6	<b>IN</b>	1.3
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	392.1	<b>PT</b>	353.8
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	37.1	<b>QT</b>	3.7
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	396.8	<b>ST</b>	353.1
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.98	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 53:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase S en el secundario carga resistiva



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA S

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE



Fuente: Los autores

Figura 4.232: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-B – Práctica # 6

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

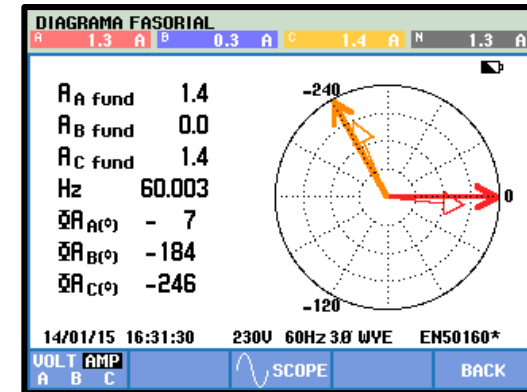


Figura 4.233: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-B – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

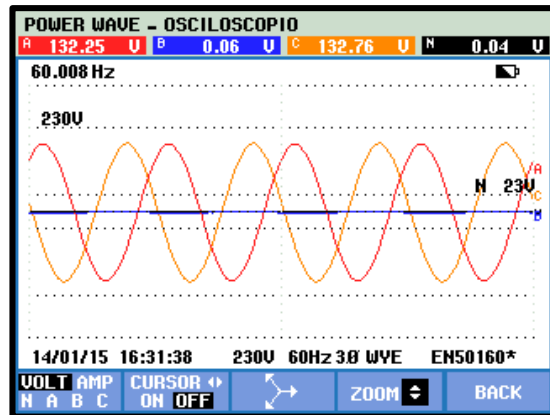


Figura 4.234: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-B – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

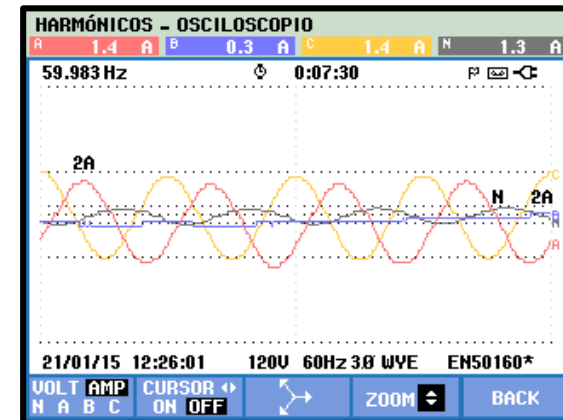
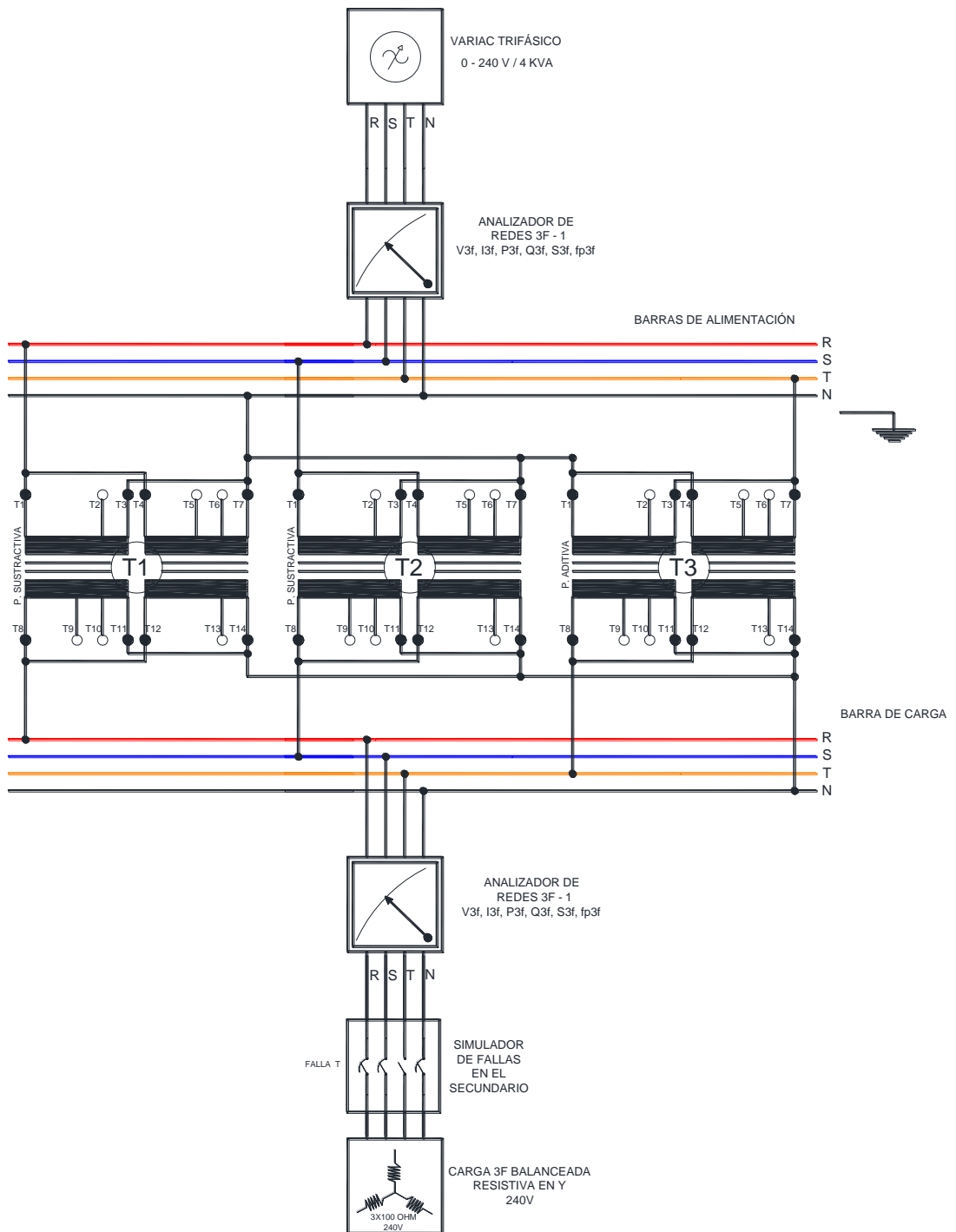


Figura 4.235: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-B – Práctica # 6

**PRUEBA No.2-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.236:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-C – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

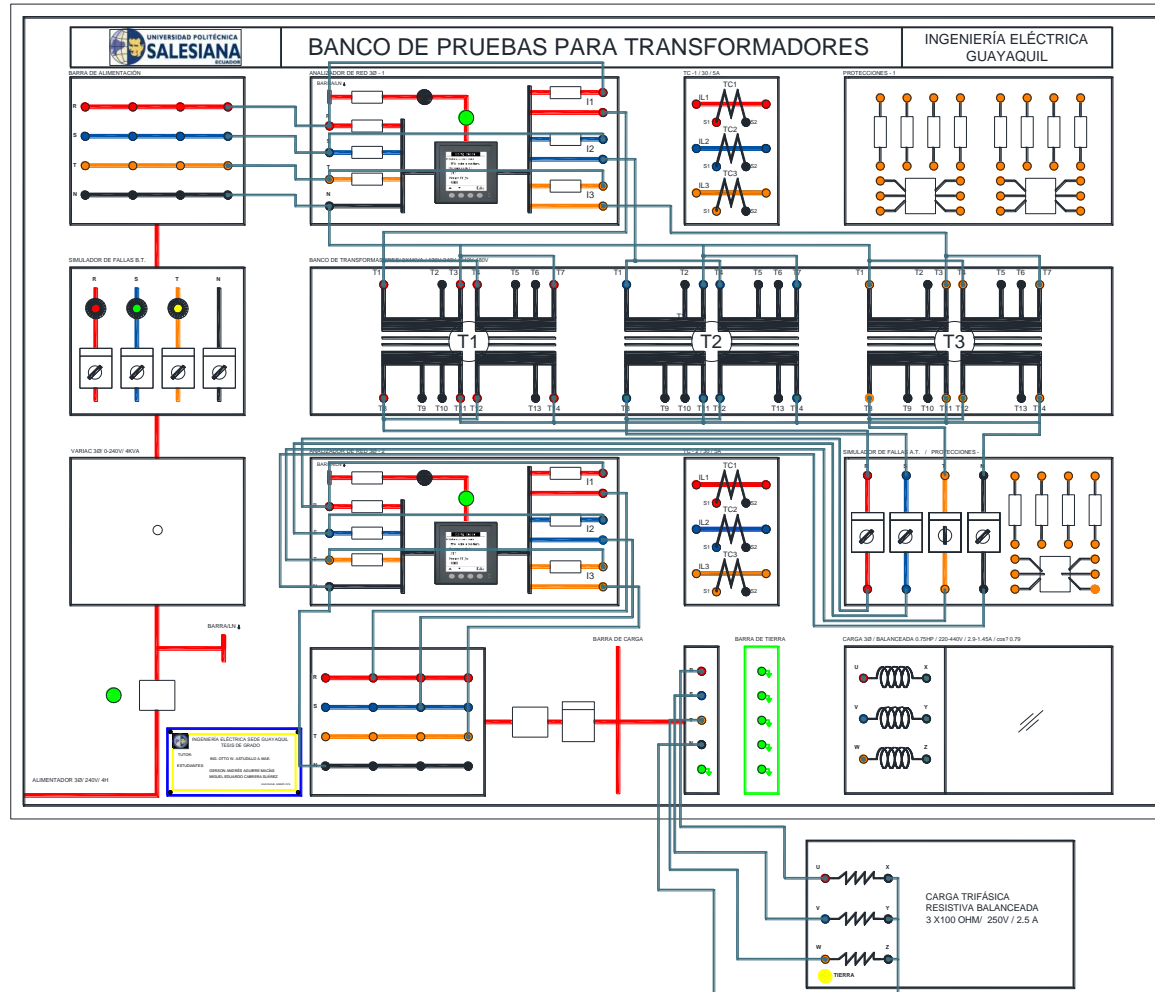


Figura 4.237: Diagrama de conexiones Prueba # 2-C – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “T”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	120.2	<b>V (R-S)</b>	233.3
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	119.8	<b>V (S-T)</b>	134.3
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	120	<b>V (T-R)</b>	132.9
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	68.8	<b>V (R-N)</b>	133
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	69	<b>V (S-N)</b>	134.5
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	70	<b>V (T-N)</b>	0
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	2.7	<b>IR</b>	1.3
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	2.8	<b>IS</b>	1.3
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	0.18	<b>IT</b>	0
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.5	<b>IN</b>	1.3
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	394.3	<b>PT</b>	357.3
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	30.8	<b>QT</b>	3.8
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	396.1	<b>ST</b>	357.4
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.98	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 54:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase T en el secundario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA T

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

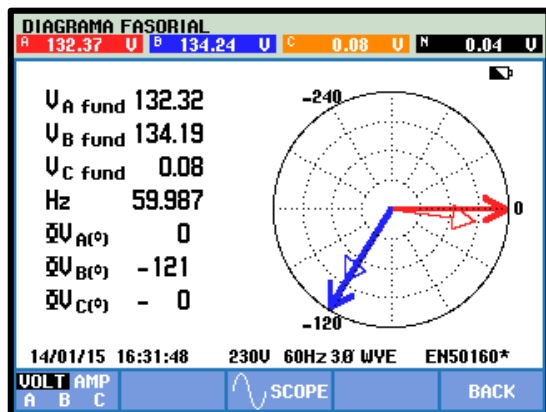


Figura 4.238: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-C – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

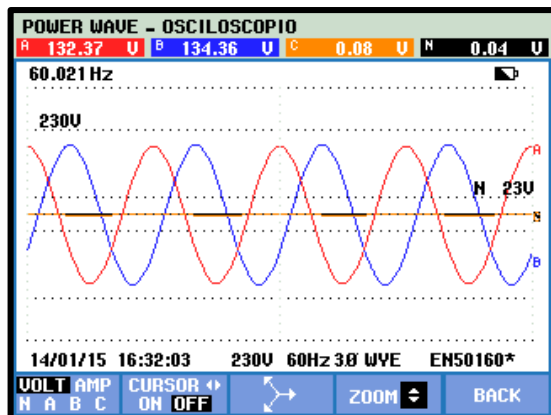


Figura 4.240: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-C – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

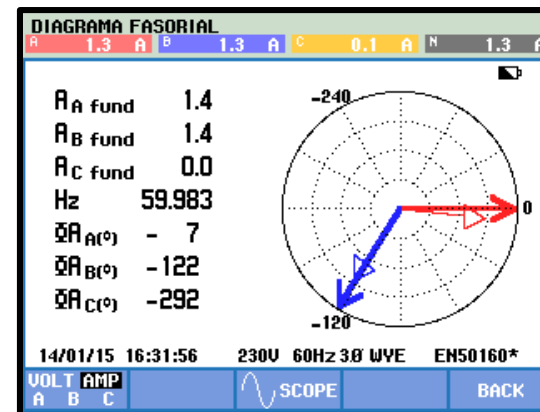


Figura 4.239: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-C – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

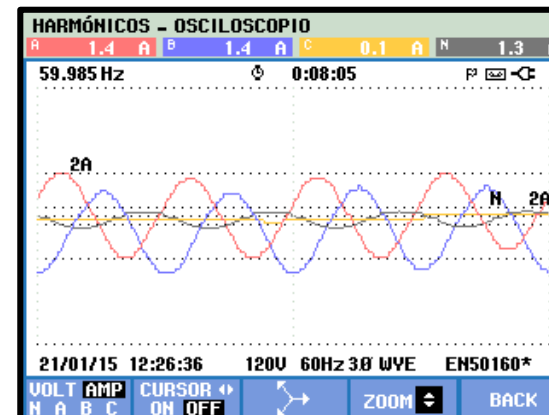


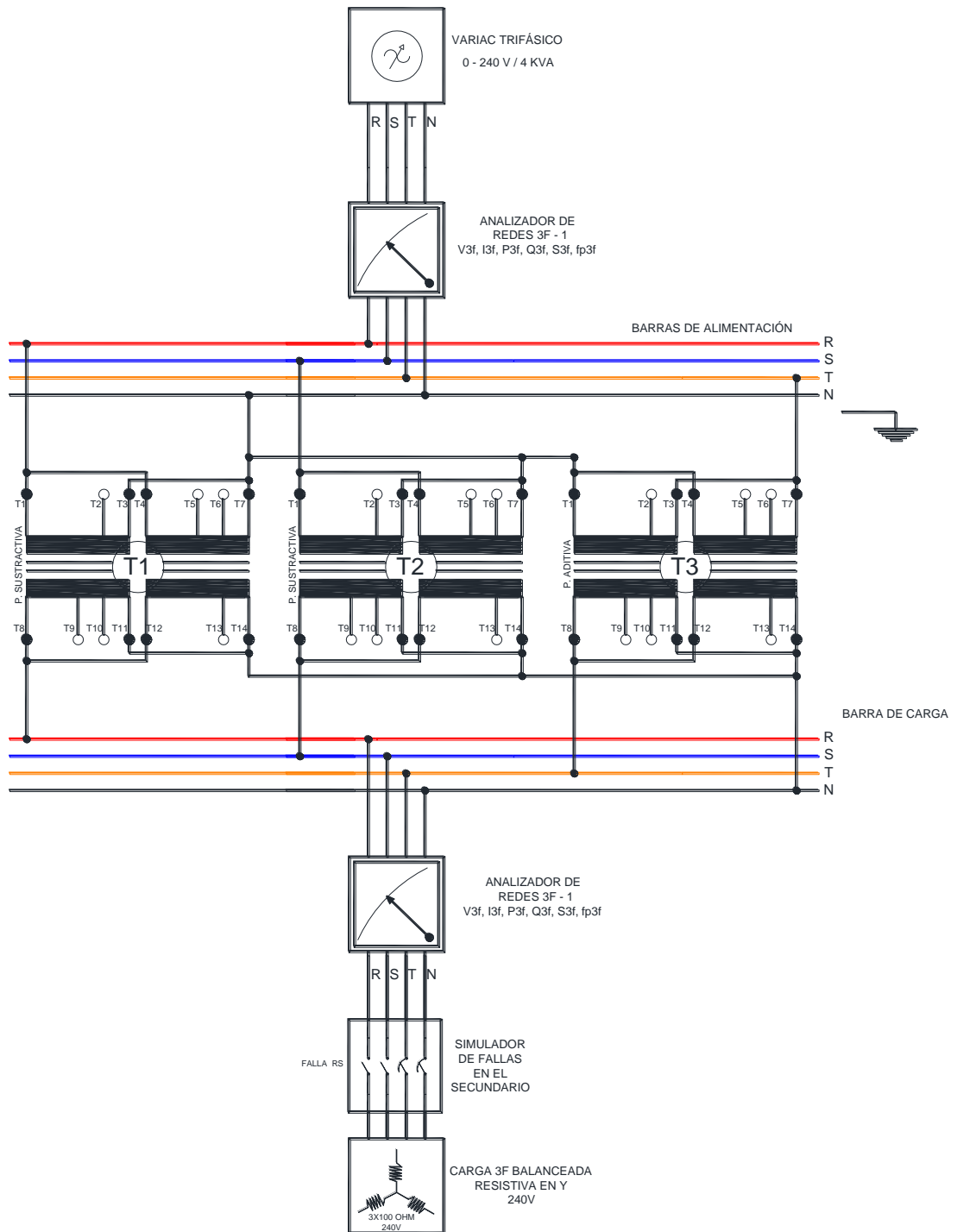
Figura 4.241: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-C – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**PRUEBA No.2-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “RS” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.242:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-D – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

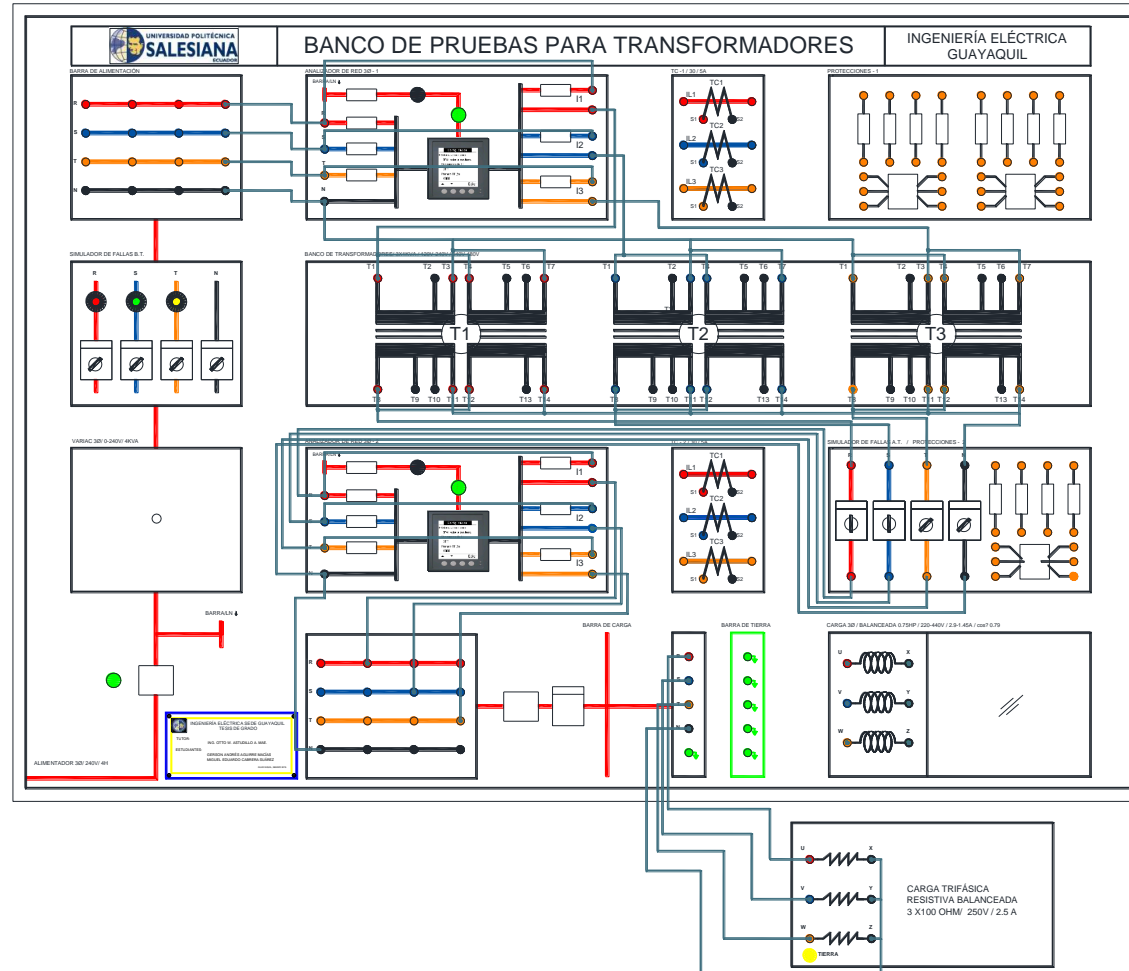


Figura 4.243: Diagrama de conexiones Prueba # 2-D – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

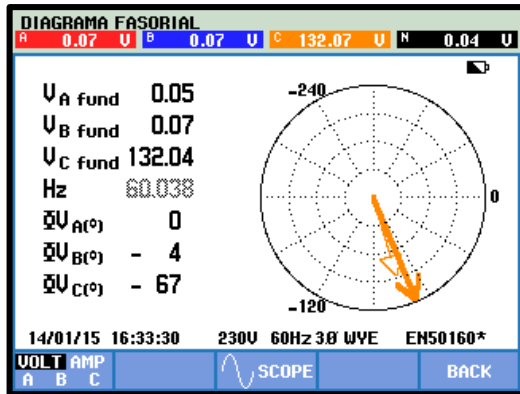
<b>TABLA No.2-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “RS” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “RS”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	122.5	<b>V (R-S)</b>	0
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	121.2	<b>V (S-T)</b>	132.4
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	120	<b>V (T-R)</b>	132.4
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	70.5	<b>V (R-N)</b>	0
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	70.7	<b>V (S-N)</b>	0
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	68.5	<b>V (T-N)</b>	132.5
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	0.19	<b>IR</b>	0
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	0.19	<b>IS</b>	0
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	2.82	<b>IT</b>	1.34
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.68	<b>IN</b>	1.35
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	212.7	<b>PT</b>	178.1
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	32.4	<b>QT</b>	1.8
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	220.1	<b>ST</b>	178.1
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.96	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 55:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase RS en el secundario carga resistiva



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA RS

**DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE**



Fuente: Los autores

**DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES**

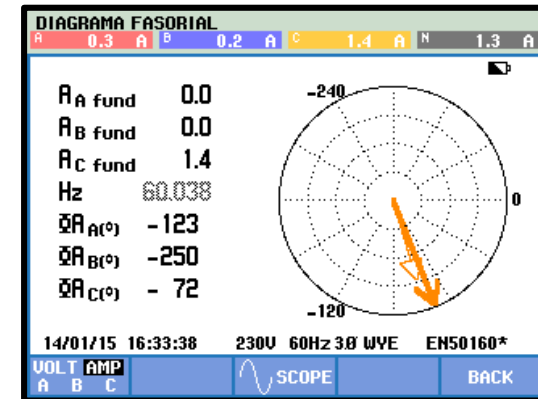


Figura 4.245: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-D – Práctica # 6

**DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE**

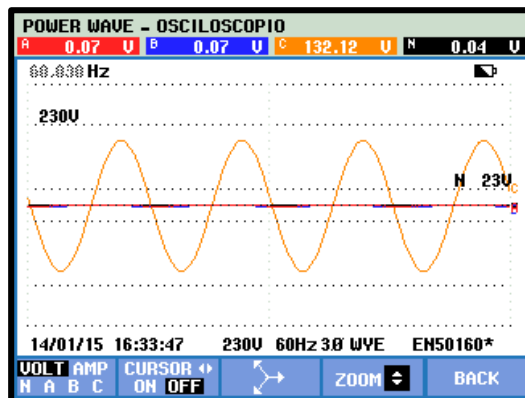


Figura 4.246: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-D – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES**

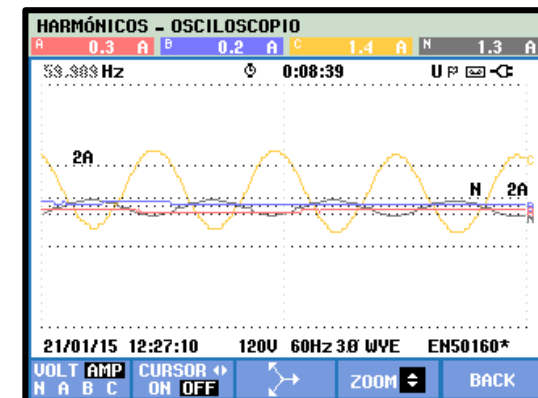
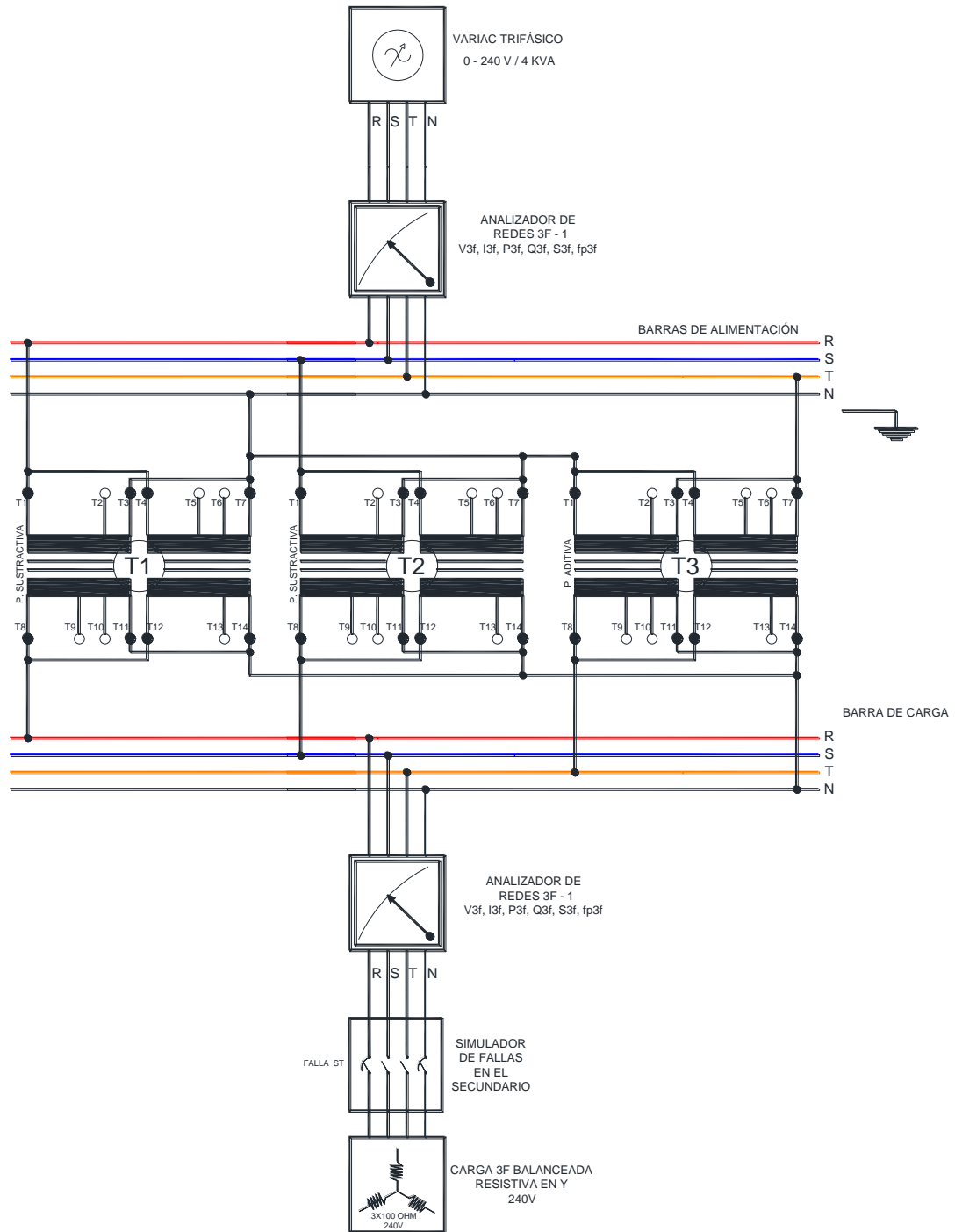


Figura 4.247: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-D – Práctica # 6

**PRUEBA No.2-E: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “ST” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.248:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-E – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

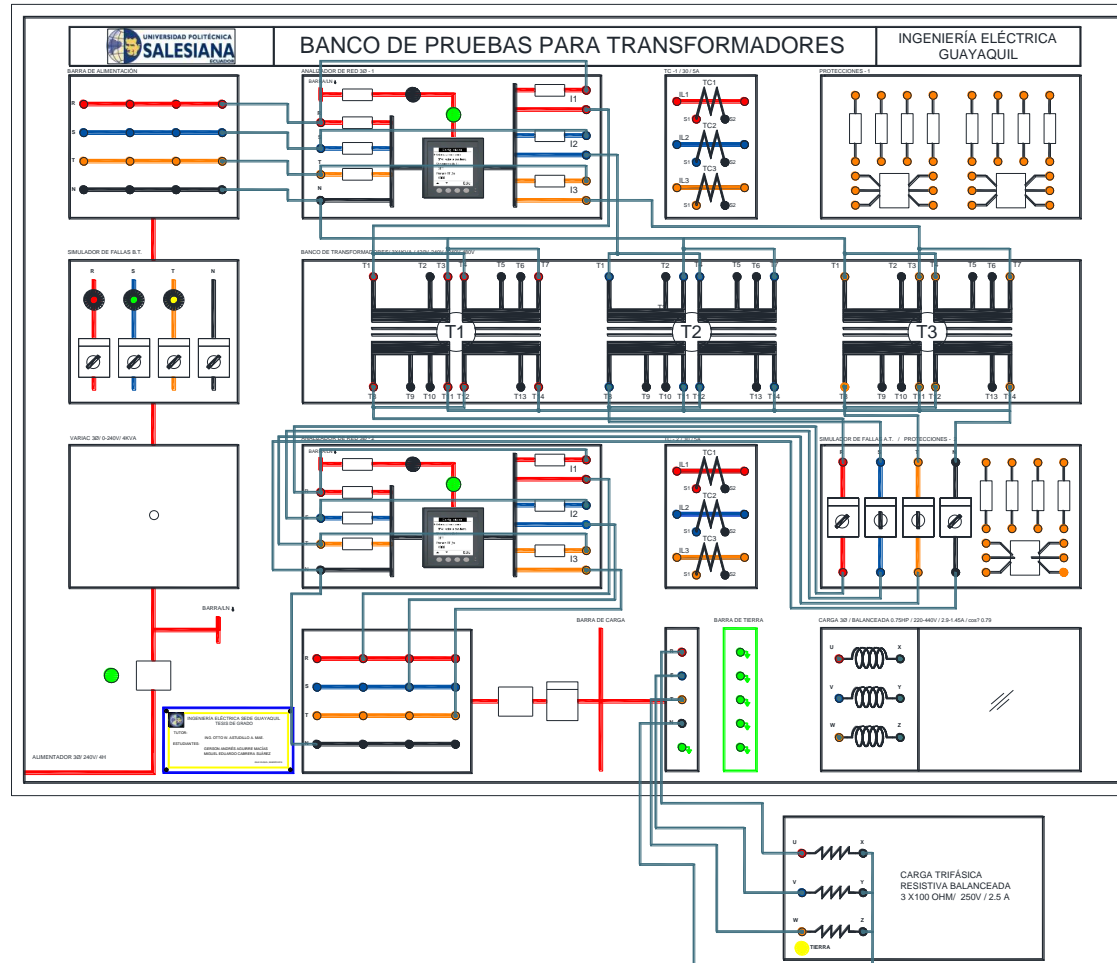


Figura 4.249: Diagrama de conexiones Prueba # 2-E – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-E: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “ST” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “ST”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	121.5	<b>V (R-S)</b>	132.6
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	121.9	<b>V (S-T)</b>	0
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	120.4	<b>V (T-R)</b>	132.6
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	68.9	<b>V (R-N)</b>	132.8
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	70.7	<b>V (S-N)</b>	0
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	70.3	<b>V (T-N)</b>	0
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	2.77	<b>IR</b>	1.32
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	0.18	<b>IS</b>	0
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	0.18	<b>IT</b>	0
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.62	<b>IN</b>	1.32
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	209.4	<b>PT</b>	176.1
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	29.6	<b>QT</b>	2
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	217.1	<b>ST</b>	176.1
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.96	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 56:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase ST en el secundario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA ST

**DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE**

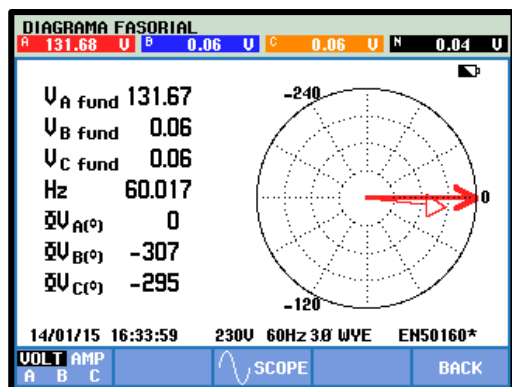


Figura 4.250: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-E – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES**

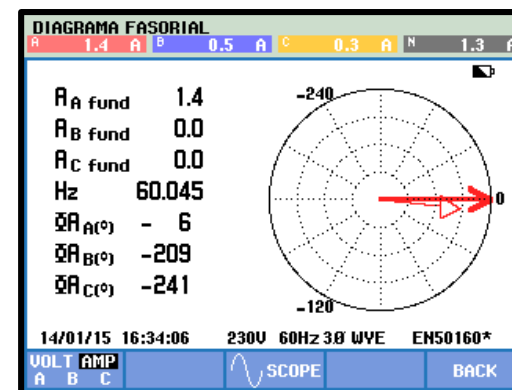


Figura 4.251: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-D – Práctica # 6

**DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE**

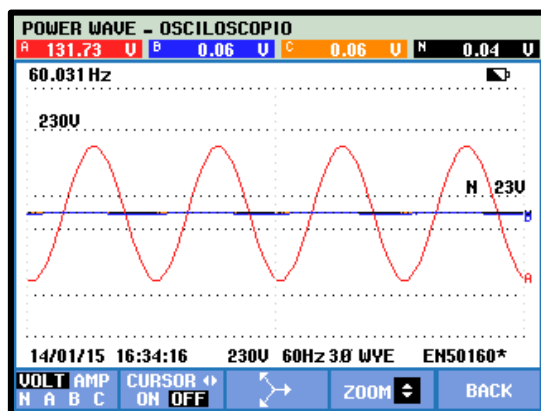


Figura 4.252: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-E – Práctica # 6

Fuente: Los autores

**DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES**

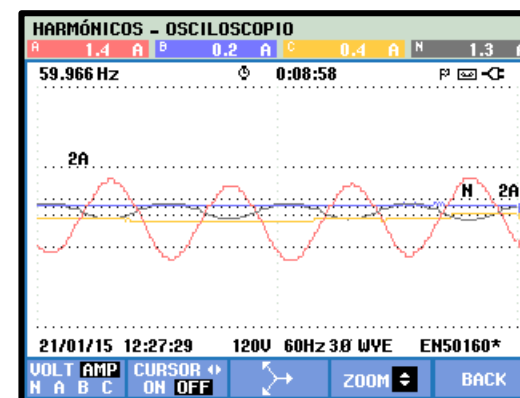
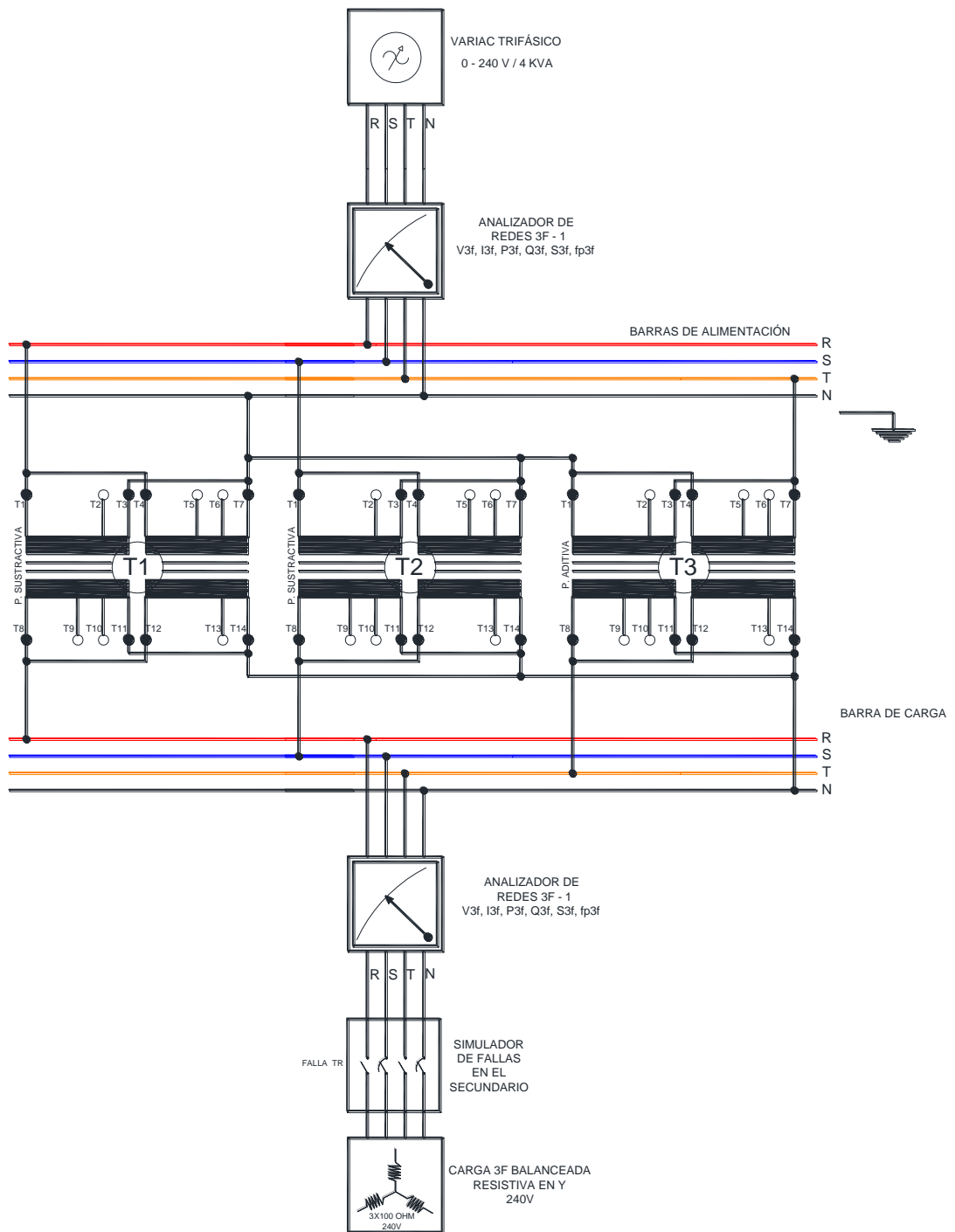


Figura 4.253: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-E – Práctica # 6

**PRUEBA No.2-F: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “TR” EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.254:** Diagrama eléctrico Prueba # 2-F – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

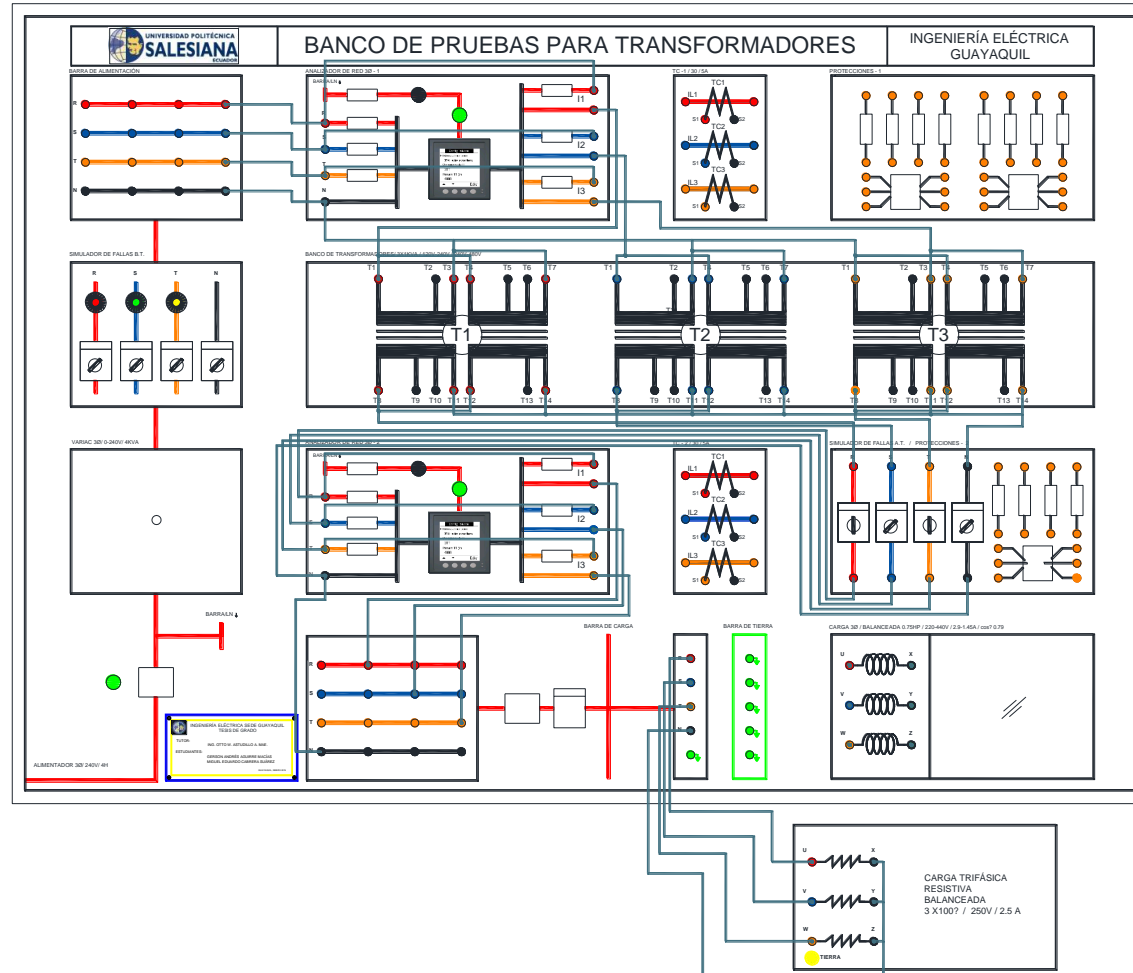


Figura 4.255: Diagrama de conexiones Prueba # 2-F – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-F: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “TR” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE FALLA DE FASE “TR”</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	121.8	<b>V (R-S)</b>	134.5
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	120.7	<b>V (S-T)</b>	134.5
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	120.6	<b>V (T-R)</b>	0
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	70.2	<b>V (R-N)</b>	0
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	69.4	<b>V (S-N)</b>	134.8
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	70.1	<b>V (T-N)</b>	0
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	0.19	<b>IR</b>	0
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	0.18	<b>IT</b>	0
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	2.69	<b>IN</b>	1.34
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	214.4	<b>PT</b>	181.4
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	29.1	<b>QT</b>	1.9
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	222.4	<b>ST</b>	181.3
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.96	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 57:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida de fase TR en el secundario carga resistiva



## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA TR

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

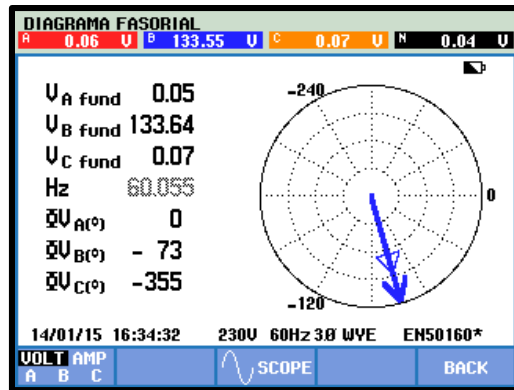


Figura 4.256: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-F – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

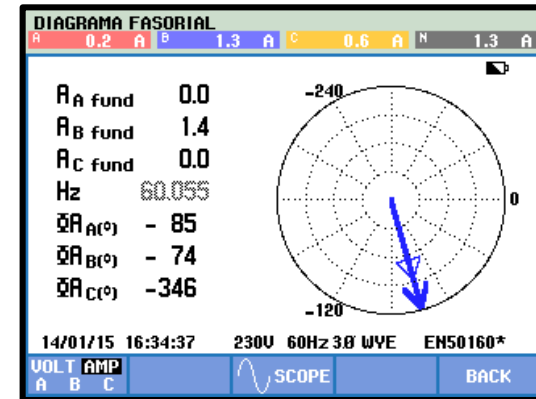


Figura 4.257: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-F – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

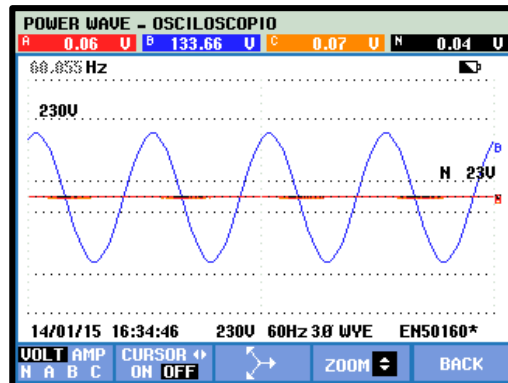


Figura 4.258: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-F – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

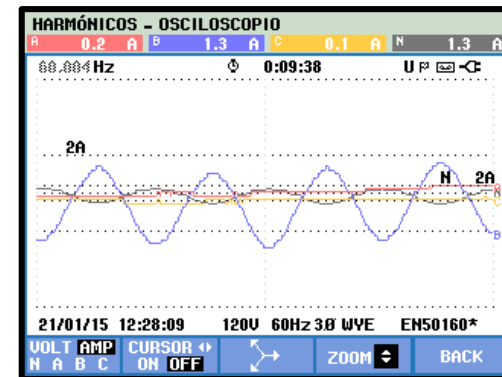


Figura 4.259: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-F – Práctica # 6

**PRUEBA No.2-G: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL  
PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA  
CONECTADA EN “Y” A 240V**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores

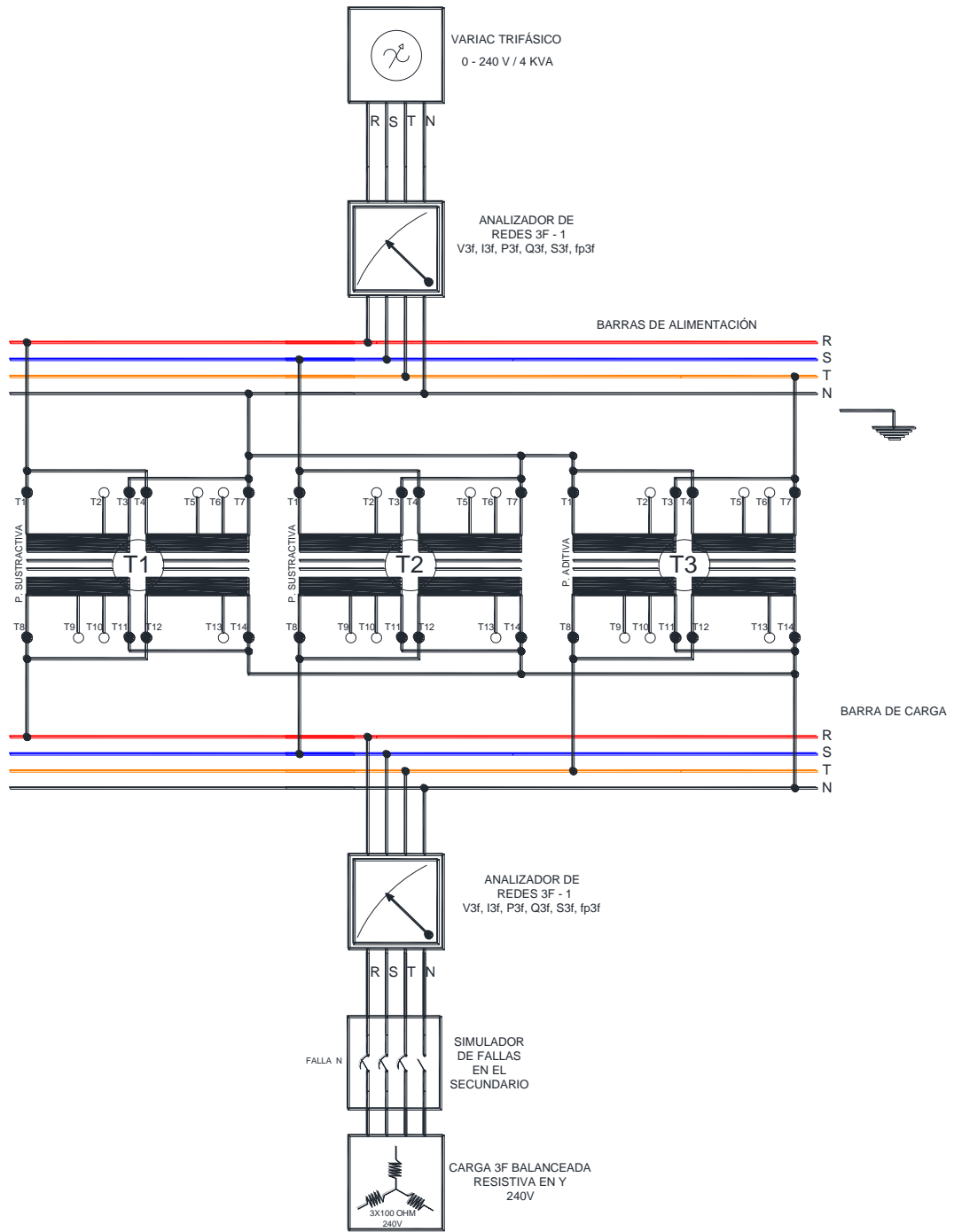


Figura 4.260: Diagrama eléctrico Prueba # 2-G – Práctica # 6

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

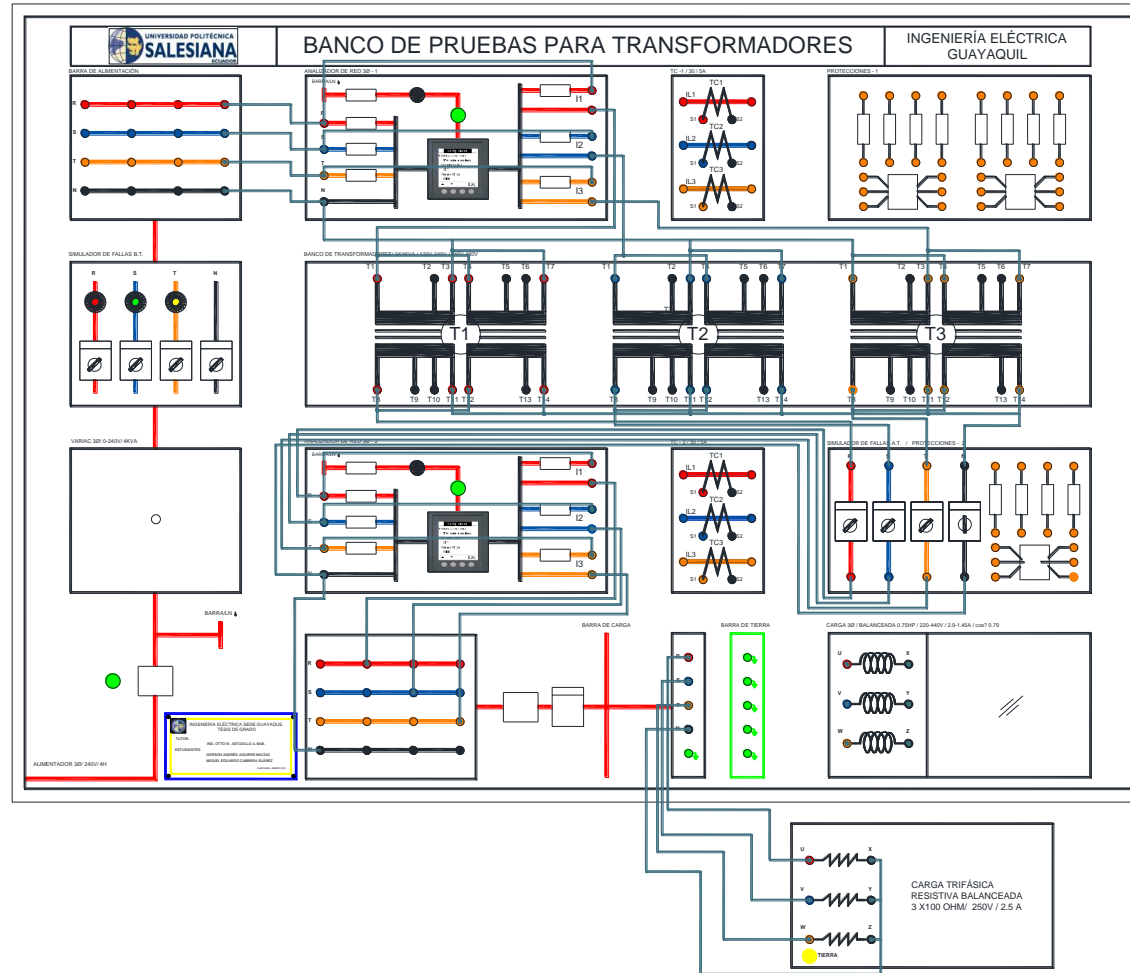


Figura 4.261: Diagrama de conexiones Prueba # 2-G – Práctica # 6

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.2-G: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 240V</b>							
<b>ANTES DE LA FALLA</b>				<b>DESPUÉS DE PERDIDA DEL NEUTRO</b>			
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>	
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>
<b>V (r-s)</b>	119.6	<b>V (R-S)</b>	230.8	<b>V (r-s)</b>	120.7	<b>V (R-S)</b>	234.3
<b>V (s-t)</b>	119.1	<b>V (S-T)</b>	231.4	<b>V (s-t)</b>	119.6	<b>V (S-T)</b>	232.2
<b>V (t-r)</b>	118	<b>V (T-R)</b>	227.5	<b>V (t-r)</b>	119.3	<b>V (T-R)</b>	230.7
<b>V(r-n)</b>	68.4	<b>V(R-N)</b>	131	<b>V (r-n)</b>	69.4	<b>V (R-N)</b>	134.7
<b>V(s-n)</b>	69.3	<b>V(S-N)</b>	135.1	<b>V (s-n)</b>	69.5	<b>V (S-N)</b>	135.6
<b>V(t-n)</b>	68.1	<b>V(T-N)</b>	132	<b>V (t-n)</b>	68.8	<b>V (T-N)</b>	132.7
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>
<b>Ir</b>	2.78	<b>IR</b>	1.33	<b>Ir</b>	2.81	<b>IR</b>	1.34
<b>Is</b>	2.82	<b>IS</b>	1.34	<b>Is</b>	2.84	<b>IS</b>	1.35
<b>It</b>	2.77	<b>IT</b>	1.31	<b>It</b>	2.83	<b>IT</b>	1.34
<b>In</b>	0.10	<b>IN</b>	0.03	<b>In</b>	0.14	<b>IN</b>	0.002
<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS TRIFÁSICA</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>
<b>PT</b>	575.5	<b>PT</b>	530.9	<b>PT</b>	588	<b>PT</b>	544.8
<b>QT</b>	34.9	<b>QT</b>	5.7	<b>QT</b>	38	<b>QT</b>	5.7
<b>ST</b>	576.1	<b>ST</b>	530.5	<b>ST</b>	589.2	<b>ST</b>	544.7
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99

**Tabla 58:** Valores medidores del sistema Y-Y simulación de pérdida del neutro en el secundario carga resistiva

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA DE LADO DEL SECUNDARIO OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA FALLA DEL NEUTRO

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

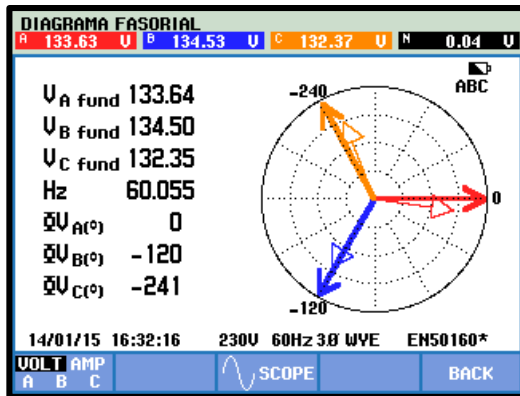


Figura 4.262: Diagrama fasorial de Voltaje Prueba # 2-G – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

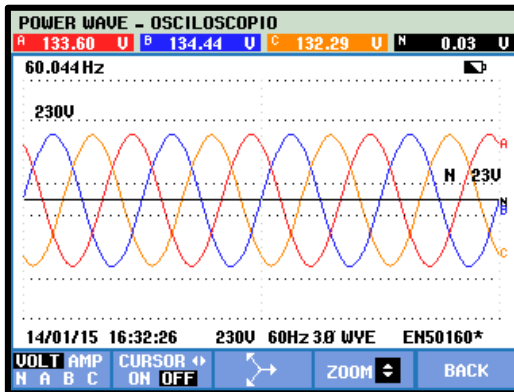


Figura 4.264: Diagrama onda de Voltaje Prueba # 2-G – Práctica # 6

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

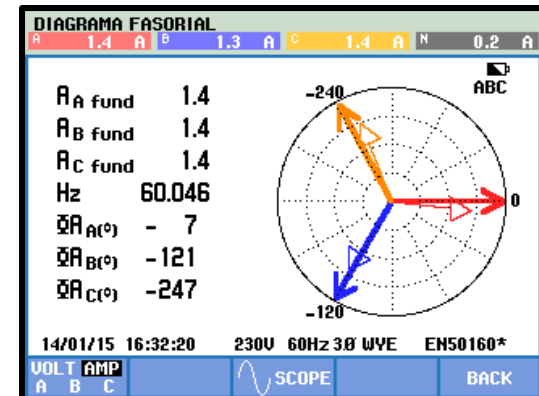


Figura 4.263: Diagrama fasorial de Corrientes Prueba # 2-G – Práctica # 6

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

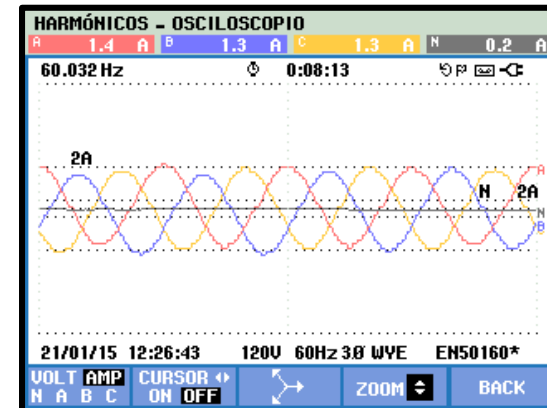


Figura 4.265: Diagrama onda de Corrientes Prueba # 2-G – Práctica # 6

## **CONCLUSIONES:**

En las pruebas con cargas balanceadas inductiva que presentan fallas en el secundario ocurre lo siguiente:

Cuando se pierde la línea R en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS y voltaje VTR se ven afectados con una caída de tensión severa en el secundario.
- El voltaje de fase VRN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del secundario.
- La corriente de línea IR se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparece en el diagrama fasorial.
- La carga conectada a esa fase se desconecta debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde la línea S en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS y voltaje VST se ven afectados con una caída de tensión severa en el secundario.
- El voltaje de fase VSN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del secundario.
- La corriente de línea IS se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparece en el diagrama fasorial.
- La carga conectada a esa fase se desconecta debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde la línea T en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VST y voltaje VTR se ven afectados con una caída de tensión severa en el secundario.

- El voltaje de fase VTN se ve afectado con una caída de tensión severa tanto en lado del secundario.
- La corriente de línea IT se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparece en el diagrama fasorial.
- La carga conectada a esa fase se desconecta debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde las líneas RS en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS, VST y VTR se desequilibran severamente tanto en lado del secundario.
- El voltaje de fase VRN – VSN se ve afectado con una caída de tensión severa en el secundario.
- La corriente de línea IR - IS se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a esas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.

Cuando se pierde las líneas ST en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS, VST y VTR se desequilibran severamente tanto en lado del secundario.
- El voltaje de fase VSN – VTN se ve afectado con una caída de tensión severa en el secundario.
- La corriente de línea IS - IT se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.

- Las cargas conectadas a esas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.

Cuando se pierde las líneas TR en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS, VST y VTR se desequilibran severamente tanto en lado del secundario.
- El voltaje de fase VRN – VTN se ve afectado con una caída de tensión severa en el secundario.
- La corriente de línea IR - IT se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a esas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.

Cuando se pierde el neutro en el secundario del sistema Y-Y el sistema no se ve afectado debido a que la carga es balanceada

- En las pruebas con cargas balanceadas resistiva que presentan fallas en el secundario ocurre lo siguiente:
- Cuando se pierde la línea R en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:
- El voltaje de línea VRS y voltaje VTR se ven afectados con una caída de tensión severa en el secundario.
- El voltaje de fase VRN se hacen de cero debido a que la carga es resistiva
- La corriente de línea IR se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado



Cuando se pierde la línea S en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS y voltaje VST se ven afectados con una caída de tensión severa en el secundario.
- El voltaje de fase VSN se hacen de cero debido a que la carga es resistiva
- La corriente de línea IS se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde la línea T en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VST y voltaje VTR se ven afectados con una caída de tensión severa en el secundario.
- El voltaje de fase VTN se hacen de cero debido a que la carga es resistiva
- La corriente de línea IT se hacen de cero amperios en lado del secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a estas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado.

Cuando se pierde las líneas RS en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VRS se hace cero, mientras los voltajes VST y VTR sufren una severa caída de tensión en lado del secundario.
- El voltaje de fase VRN – VSN se hacen de cero voltios en el secundario.
- La corriente de línea IR - IS se hacen de cero amperios en el secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.

- Las cargas conectadas a esas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.

Cuando se pierde las líneas ST en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VST se hace cero, mientras los voltajes VRS y VTR sufren una severa caída de tensión en lado del secundario.
- El voltaje de fase VSN – VTN se hacen de cero voltios en el secundario.
- La corriente de línea IS - IT se hacen de cero amperios en el secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a esas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.

Cuando se pierde las líneas TR en el secundario del sistema Y-Y ocurren los siguientes fenómenos:

- El voltaje de línea VTR se hace cero, mientras los voltajes VRS y VST sufren una severa caída de tensión en lado del secundario.
- El voltaje de fase VRN – VTN se hacen de cero voltios en el secundario.
- La corriente de línea IR - IT se hacen de cero amperios en el secundario, y el primario se ve reflejada la corriente de vacío del transformador. Debido a este fenómeno no aparecen en el diagrama fasorial.
- Las cargas conectadas a esas fases se desconectan debido a que existe corriente que circula en el devanado, sin embargo el motor sigue funcionando pero con una velocidad angular inferior a la nominal.

Cuando se pierde el neutro en el secundario del sistema Y-Y el sistema no se ve afectado debido a que la carga es balanceada.

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 3
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### 4.2.7. Práctica # 7

##### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 7**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

##### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** ESTUDIO DE ARMÓNICOS EN EL BANCO TRIFÁSICO EN CONEXIÓN Y – Y A VACÍO Y CON CARGA. INSTALADO EN EL TABLERO DEL BANCO DE PRUEBAS.
- b. **OBJETIVO GENERAL:**

Efectuar la conexión Y – Y y estudiar los valores nominales y magnitudes de los armónicos que se originan en esta conexión a vacío y con carga.
- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
  1. Analizar los niveles y magnitudes de armónicos que se originan en los bancos de transformadores.
  2. Conocer las causas por las cuales son producidos los armónicos.
  3. Adquirir los valores de armónicos en voltajes y corrientes del banco de prueba para transformadores.
  4. Analizar los valores obtenidos en las pruebas realizadas para entender el comportamiento de este fenómeno.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 2 de 3</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

5. Analizar las derivaciones de tener armónicos en un sistema de conexión Y - Y.

#### **d. MARCO TEÓRICO**


1. Conexión Y-Y de banco de transformadores
2. Armónicos que se originan en bancos de transformadores trifásicos.
3. Corriente de magnetización en los Transformadores.
4. Conexión Y-Y trifásica con carga.
5. Capacidad de bancos trifásicos de transformadores.
6. Armónicos en las cargas.

#### **e. PROCEDIMIENTO**

1. Efectuar la conexión trifásica Y-Y según el diagrama de conexiones.
2. Efectuar las mediciones indicadas, para completar cada una de las tablas propuestas de la práctica.
3. Registrar los cálculos realizados en cada prueba.
4. Realizar los diagramas fasoriales de las pruebas
5. Examinar los resultados obtenidos y emitir conclusiones
6. Generar el reporte de la práctica realizada.

#### **f. RECURSOS**

1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Diagramas eléctricos para pruebas.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 3 de 3</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

3. Diagramas de conexión para pruebas.
4. Instrumentos de medición.
5. Tablas para registro de resultados.

**g. REGISTRO DE RESULTADOS**

1. TABLA No. 1
2. TABLA No. 2
3. TABLA No. 3

**h. CUESTIONARIO**

- 1.¿Qué son los armónicos?
- 2.¿El THD de este sistema a vacío se encuentra dentro de los límites establecidos por el CONELEC?
- 3.¿El THD de este sistema con carga se encuentra dentro de los límites establecidos por el CONELEC?

**i. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

- 1.CHAPMAN, STEPHEN J., MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MC GRAW HILL, 2012

**j. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

# PRUEBA No.1-A: ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN LA CONEXIÓN Y-Y A VACÍO.

## DIAGRAMA ELÉCTRICO

Fuente: Los autores

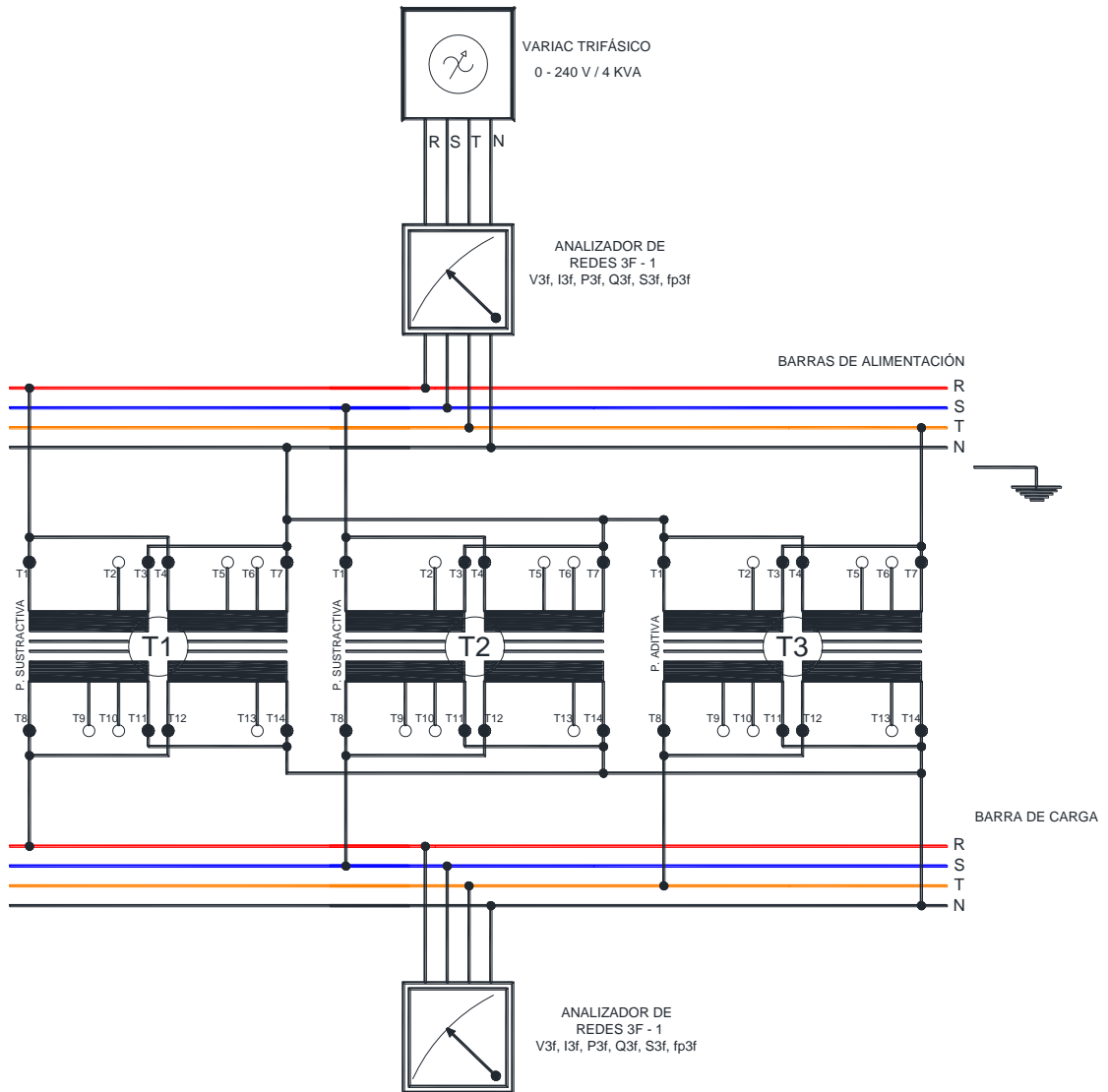


Figura 4.266: Diagrama eléctrico Prueba # 1-A – Práctica # 7

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

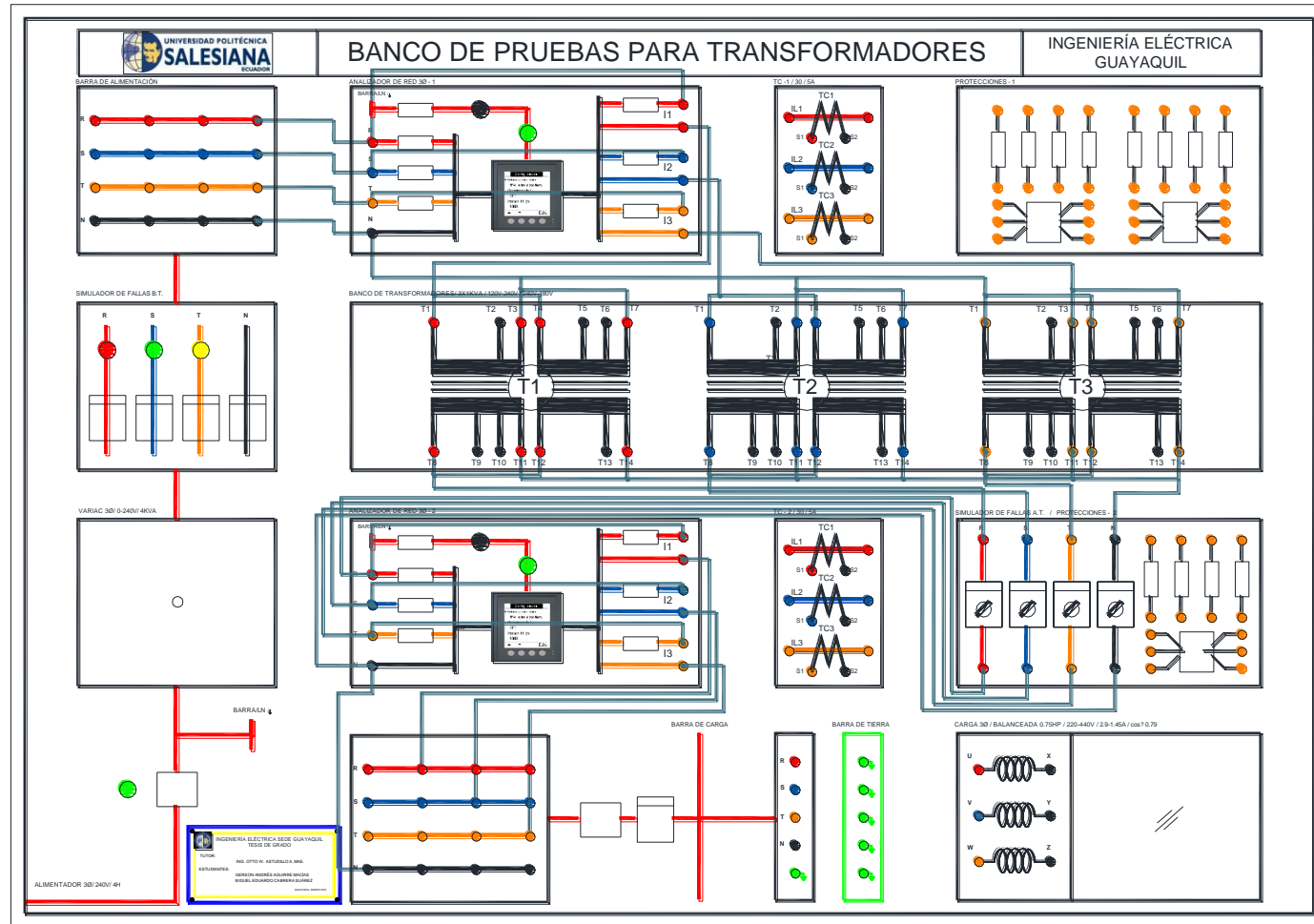


Figura 4.267: Diagrama de conexiones Prueba # 1-A – Práctica # 7

# PRUEBA No.2-A: ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN LA CONEXIÓN Y-Y A CON CARGA.

## DIAGRAMA ELÉCTRICO

Fuente: Los autores

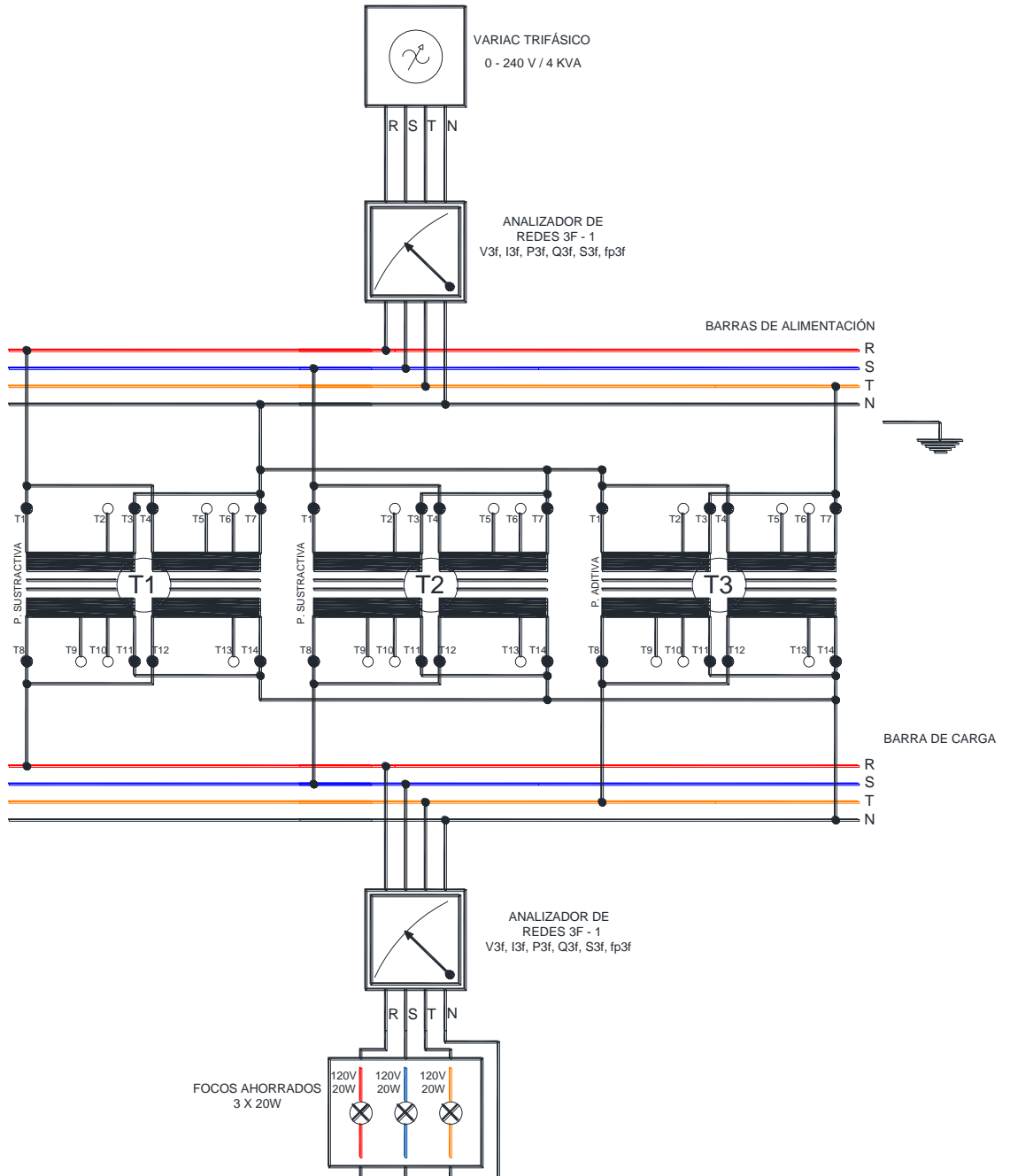


Figura 4.268: Diagrama eléctrico Prueba # 2-A – Práctica # 7



# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

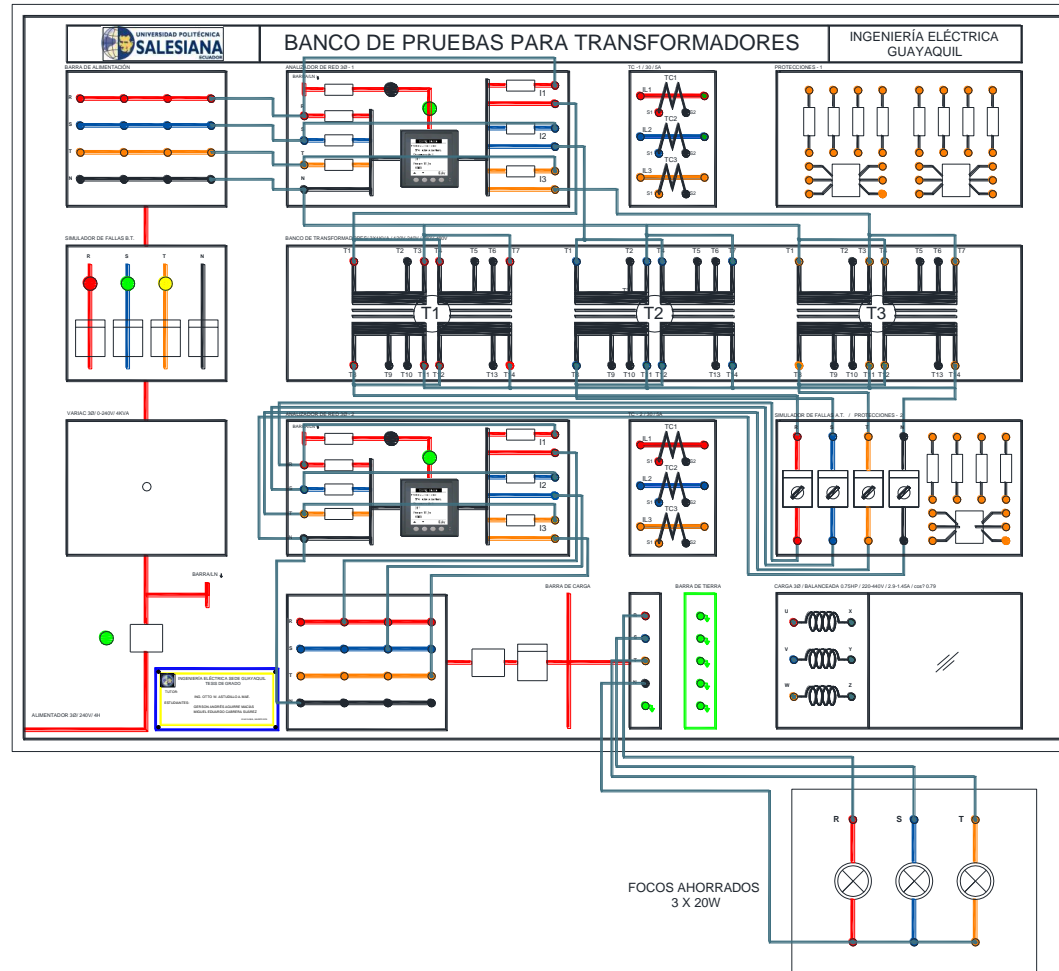


Figura 4.269: Diagrama de conexiones Prueba # 2-A – Práctica # 7

### REGISTRO DE RESULTADOS

TABLA No 1 DE ANÁLISIS DE ARMÓNICOS DE VOLTAJES Y CORRIENTES EN CONEXIÓN ESTRELLA - ESTRELLA A VACÍO Y CON CARGA (RESISTIVA FOCO AHORRADORES) PRIMARIO VLL = 104 VLN = 60      SECUNDARIO VLL = 208 VLN =120																		
NÚMERO DE ARMÓNICO	VR		VS		VT		VN		THD	IR		IS		IT		IN		THD
	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.		S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	1.1	100	100	100	100	100	100	100	100	28.1
2	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.8		26	22	29	17.2	21.7	18.9	41.5	40	
3	0.3	1	0.9	1.5	0.7	1.4	5	82.5		7.1	60.2	18	64.7	8.5	49.9	51.7	520.6	
4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	1.3		5.6	9	10.8	7.3	5.5	8.3	20.1	21.4	
5	0.5	1	0.3	0.6	0.3	0.7	2.3	14.5		5.1	25.1	9.9	27.3	5.3	18.1	18.6	42.3	
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	1.9		3.2	5.2	7.7	5.1	3.1	4.3	15.2	13.3	
7	0.6	0.4	0.5	0.2	0.6	0.5	2	17	C.C	2.6	15.2	7.1	18.5	2.5	15.6	11.9	33.1	C.C
8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	2		2.8	4.1	6.3	4.7	2.5	3.5	10.6	11.8	
9	0.6	0.8	0.3	0.7	0.1	0.5	3.1	33.9	2.2	2.7	14.1	5.1	20.5	2.5	15.3	9.8	150.5	82.4
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	2.4		2.3	2.6	4.9	3.5	2.2	3.7	9	13.15	
11	0.1	0.5	0.1	0.6	0.3	0.6	0.2	5.1		1.9	15.3	4.3	20.2	1.9	17	7.5	24	
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	4.4		2.2	2.5	4.1	3.1	1.7	4	7.5	12.9	
13	0.2	0.9	0.1	0.8	0.2	1	0.7	13.2		1.9	17	3.9	21	1.4	16	64	27.5	
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	5.5		1.6	2	3.1	2.8	1.7	4.5	5.5	15.9	
15	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	1	28.4		1.2	13	3.1	17	1.1	9.3	5.9	120	
THD [%]	1.1		1.2		1.1		6.6			28.1	80.9	41	85.7	25.9	69.2	506.8	82.7	

**Tabla 59:** Valores medidos con analizador Fluke del sistema Y-Y de armónicos a vacío y con carga resistiva (focos ahorradores)

<b>TABLA No. 2 ANÁLISIS DE ARMÓNICOS DE CORRIENTES Y VOLTAJES EN CONEXIÓN ESTRELLA - ESTRELLA A VACÍO TOMADOS CON EL ANALIZADOR DE REDES SCHNEIDER PM5100</b>												
<b>PARÁMETROS</b>	<b>VRS</b>	<b>VST</b>	<b>VTR</b>	<b>THD</b>	<b>VR</b>	<b>VS</b>	<b>VT</b>	<b>THD</b>	<b>IRS</b>	<b>IST</b>	<b>ITR</b>	<b>THD</b>
<b>THD PM5100 [%]</b>	1.57	1.55	1.6	<b>1.57</b>	2.28	2.35	2.34	<b>2.32</b>	88.64	90.18	89.41	<b>89.41</b>

**Tabla 60:** Valores medidos con analizador Schneider del sistema Y-Y de armónicos a vacío

<b>TABLA No. 3 ANÁLISIS DE ARMÓNICOS DE CORRIENTES Y VOLTAJES EN CONEXIÓN ESTRELLA - ESTRELLA CON CARGA TOMADOS CON EL ANALIZADOR DE REDES SCHNEIDER PM5100</b>												
<b>PARÁMETROS</b>	<b>VRS</b>	<b>VST</b>	<b>VTR</b>	<b>THD</b>	<b>VR</b>	<b>VS</b>	<b>VT</b>	<b>THD</b>	<b>IRS</b>	<b>IST</b>	<b>ITR</b>	<b>THD</b>
<b>THD PM5100 [%]</b>	0.91	0.88	0.78	<b>0.85</b>	1.19	1.16	1.01	<b>1.12</b>	10.64	10.01	10.29	<b>10.31</b>

**Tabla 61:** Valores medidos con analizador Schneider del sistema Y-Y de armónicos con carga resistiva (focos ahorradores)

## DIAGRAMA DE BARRAS DE ARMÓNICOS DEL SISTEMA A VACÍ OBTENIDO DEL OSCILOSCOPIO FLUKE

### ARMÓNICOS DE VOLTAJE

Fuente: Los autores

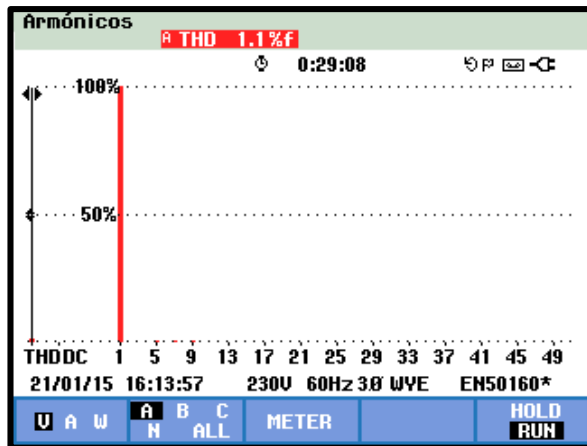


Figura 4.270: Armónicos de voltaje fase R Prueba # 1-A – Práctica # 7

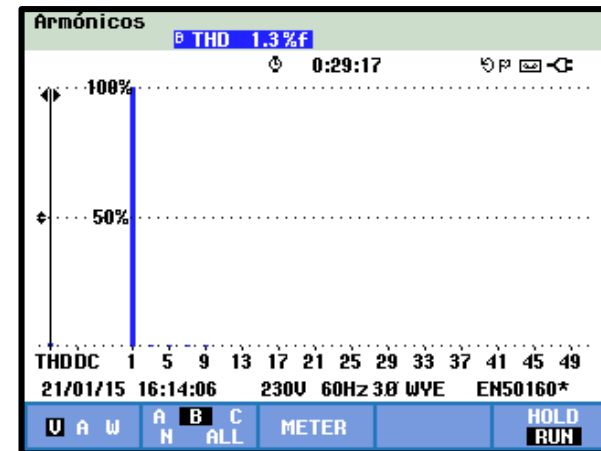


Figura 4.271: Armónicos de voltaje fase S Prueba # 1-A – Práctica # 7

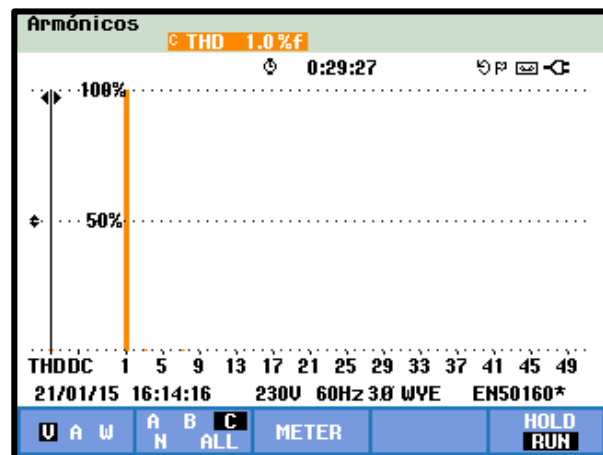


Figura 4.272: Armónicos de voltaje fase T Prueba # 1-A – Práctica # 7

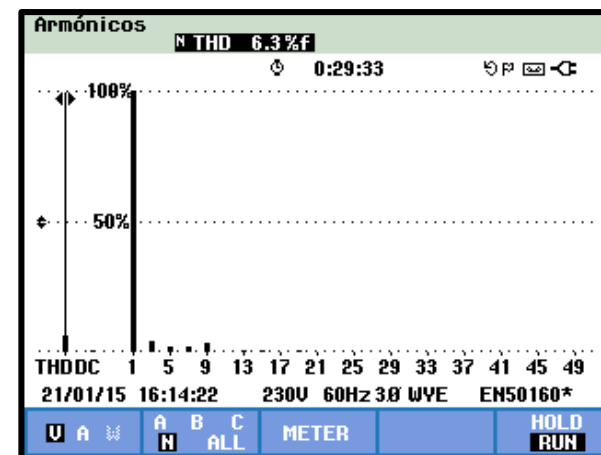


Figura 4.273: Armónicos de voltaje del neutro Prueba # 1-A – Práctica # 7

## ARMÓNICOS DE CORRIENTE

Fuente: Los autores

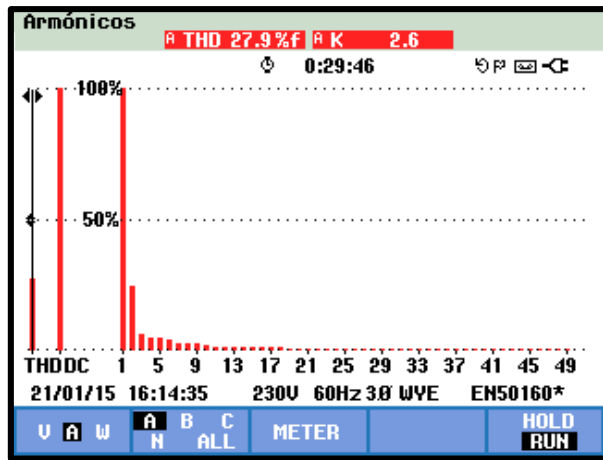


Figura 4.274: Armónicos de corriente de fase R Prueba # 1-A – Práctica # 7

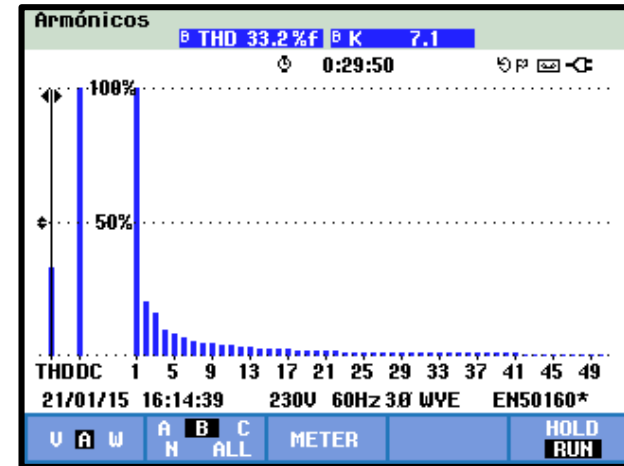


Figura 4.275: Armónicos de corriente de fase S Prueba # 1-A – Práctica # 7

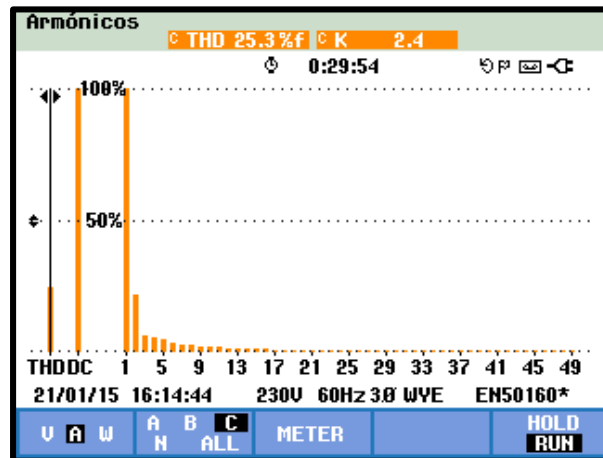


Figura 4.276: Armónicos de corriente de fase T Prueba # 1-A – Práctica # 7

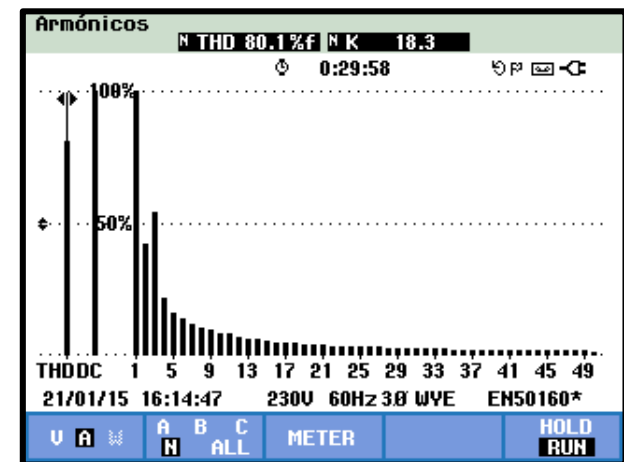


Figura 4.277: Armónicos de corriente fase neutro de Prueba # 1-A – Práctica # 7

## ARMÓNICOS TOTALES

### ARMÓNICOS TOTALES DE VOLTAJE

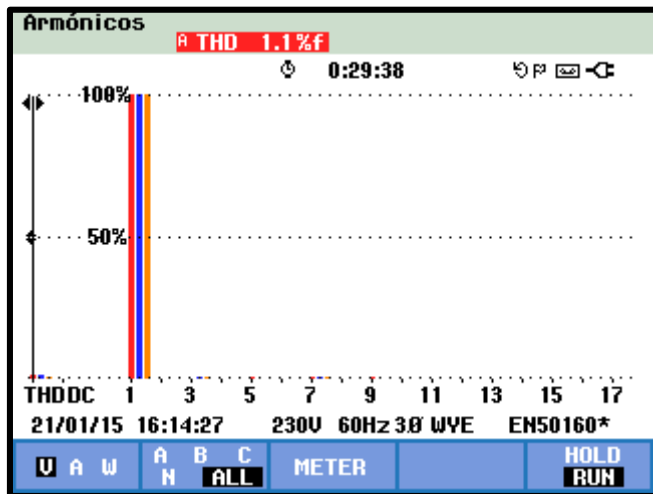


Figura 4.278: Armónicos de voltajes totales Prueba # 1-A – Práctica # 7

### ARMÓNICOS TOTALES DE CORRIENTE

Fuente: Los autores

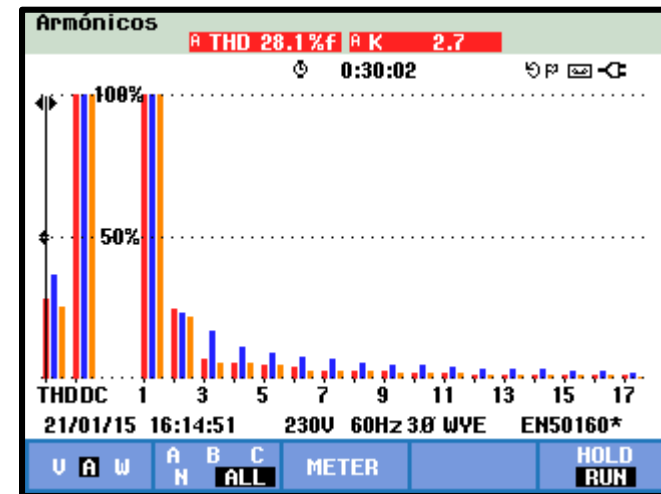


Figura 4.279: Armónicos de corrientes totales Prueba # 1-A – Práctica # 7

## DIAGRAMA DE BARRAS DE ARMÓNICOS DEL SISTEMA CON CARGA OBTENIDO DEL OSCILOSCOPIO FLUKE

### ARMÓNICOS DE VOLTAJE

Fuente: Los autores

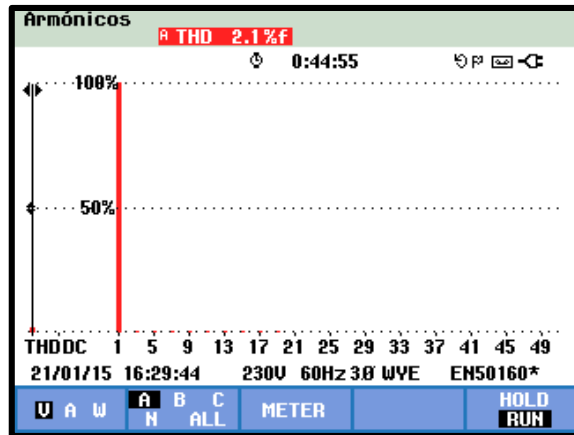


Figura 4.280: Armónicos de voltaje fase R Prueba # 2-A – Práctica # 7

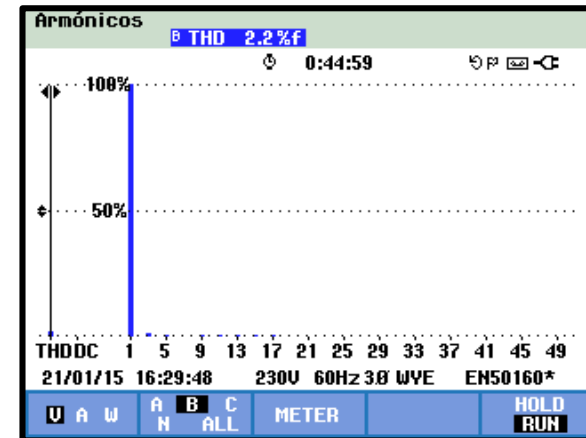


Figura 4.281: Armónicos de voltaje fase S Prueba # 2-A – Práctica # 7

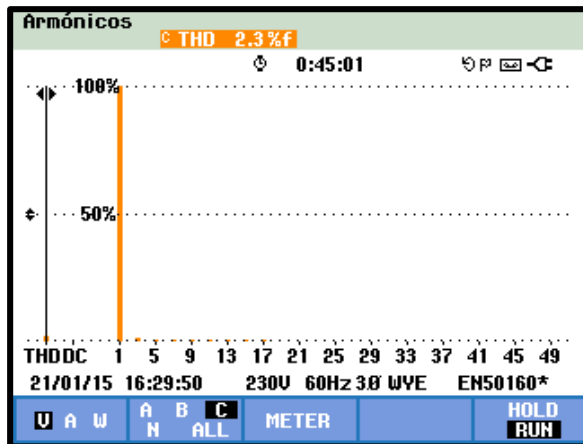


Figura 4.282: Armónicos de voltaje fase T Prueba # 2-A – Práctica # 7

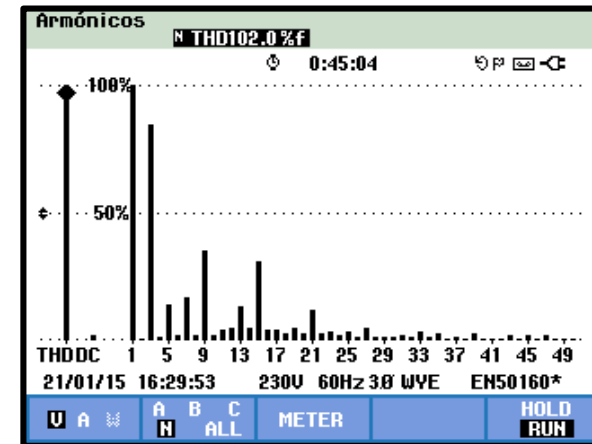


Figura 4.283: Armónicos de corriente fase neutro de Prueba # 2-A – Práctica # 7

## ARMÓNICOS DE CORRIENTE

Fuente: Los autores

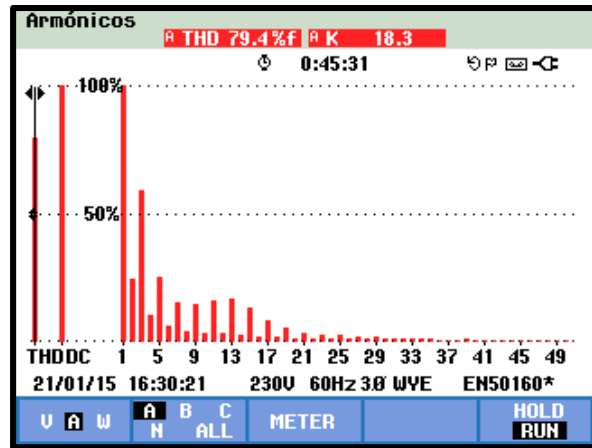


Figura 4.284: Armónicos de corriente de fase R Prueba # 2-A – Práctica # 7

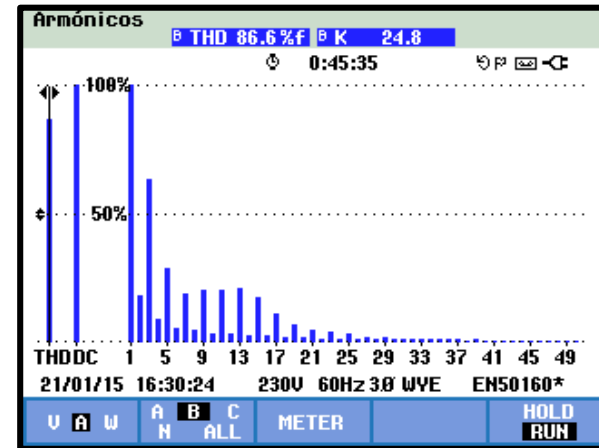


Figura 4.285: Armónicos de corriente de fase S Prueba # 2-A – Práctica # 7

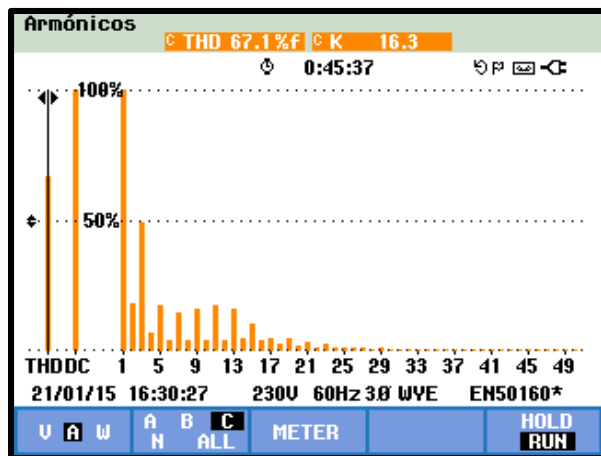


Figura 4.286: Armónicos de corriente de fase T Prueba # 2-A – Práctica # 7

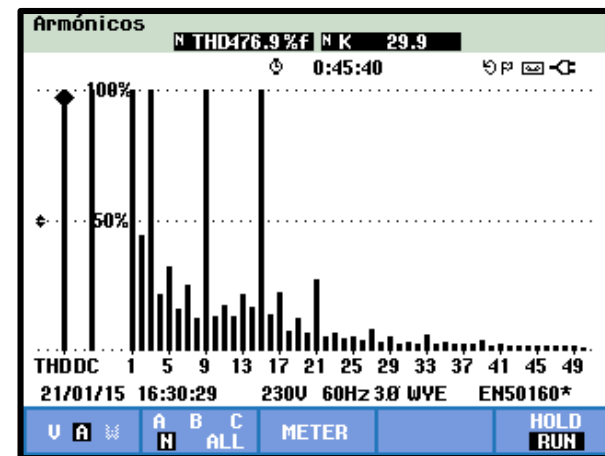


Figura 4.287: Armónicos de corriente fase neutro Prueba # 2-A – Práctica # 7



## ARMÓNICOS TOTALES

### ARMÓNICOS TOTALES DE VOLTAJE

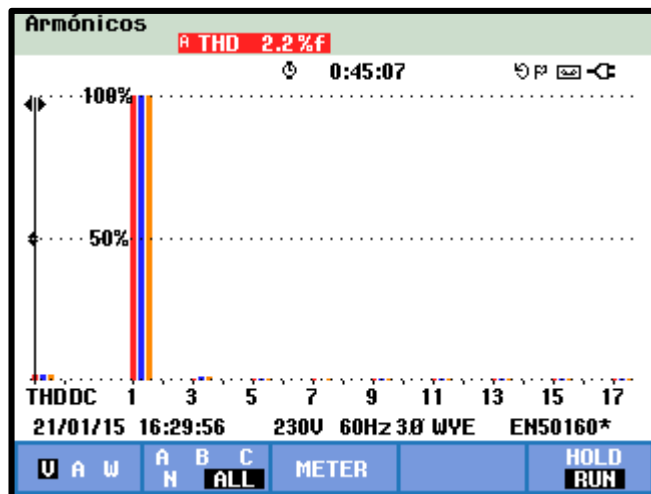


Figura 4.288: Armónicos de voltajes totales Prueba # 2-A – Práctica # 7

Fuente: Los autores

### ARMÓNICOS TOTALES DE CORRIENTE

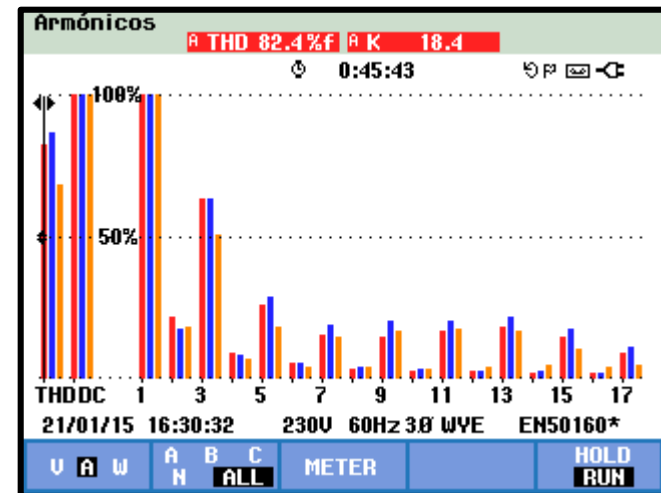


Figura 4.289: Armónicos de corrientes totales Prueba # 2-A – Práctica # 7

## **CONCLUSIONES:**

Luego de haber realizado un análisis concienzudo de esta práctica podemos indicar lo siguiente:

- Se realizó una prueba experimental con una carga de iluminación (focos ahorradores) observando los fenómenos que se presentaron en esta práctica.
- El porcentaje de distorsión armónica total (THD) de voltaje sin carga resultó de un 1.1%, valor que se encuentra enmarcado dentro de los límites permitidos bajos las normas de la resolución 004/01 emitida por el CONELEC.
- El porcentaje de distorsión armónica total (THD) de voltaje con carga resultó de un 2.2%, valor que se encuentra enmarcado dentro de los límites permitidos bajos las normas de la resolución 004/01 emitida por el CONELEC.
- El porcentaje de distorsión armónica total (THD) de corriente sin carga resultó de un 28.1%, valor que se encuentra fuera de los límites permitidos bajos las normas de la IEEE – Standard 519-1992 que indica el porcentaje máximo del 20%.
- El porcentaje de distorsión armónica total (THD) de corriente con carga resultó de un 82.4%, valor que se encuentra fuera de los límites permitidos bajos las normas de la IEEE – Standard 519-1992 que indica el porcentaje máximo del 20%.

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 3
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### 4.2.8. Práctica # 8

##### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 8**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

##### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA

**TEMA:** SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y – Y CON DESFASAMIENTO ANGULAR DE 180 GRADOS (Yy6)

###### a. OBJETIVO GENERAL:

Estudiar el sistema de transformación Y – Y desfasados 180 grados.

###### b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Efectuar la conexión Yy6 a vacío en el banco de pruebas.
2. Entender el funcionamiento del sistema Yy6.
3. Aplicar método de índice horario para determinar conexión.
4. Conocer la importancia de identificar el grupo vectorial de los transformadores.

###### c. MARCO TEÓRICO

1. Grupos vectoriales de los transformadores.
2. Determinación del índice horario de los sistemas de transformación trifásicos.

	REVISIÓN 1/1	Página 2 de 3
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

### 3. Sistema de transformación Yy6

#### d. PROCEDIMIENTO

1. Efectuar la conexión trifásica Y–Y según el diagrama de conexiones.
2. Efectuar las mediciones indicadas, para completar cada una de las tablas propuestas de la práctica.
3. Registrar los cálculos realizados en cada prueba.
4. Realizar los diagramas fasoriales de las pruebas
5. Estudiar los resultados obtenidos y emitir conclusiones
6. Generar el reporte de la práctica realizada.


#### e. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Análisis real del sistema Yy6 a vacío.

**Prueba No.1:** Sistema de transformación trifásica Yy6

#### f. RECURSOS

1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Diagramas eléctricos para pruebas.
3. Diagramas de conexión para pruebas.
4. Equipos para medición.
5. Tablas de la para registro de resultados.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 3 de 3</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

**g. REGISTRO DE RESULTADOS**

**1. TABLA No.1**

**h. CUESTIONARIO**

- 1.¿Qué significa tener una conexión Yy6?
- 2.¿Qué valores de ángulos tenemos de lado del primario y del lado del secundario al conectar los transformadores en Yy6?
- 3.¿Qué valores de ángulos tenemos de lado del primario y del lado del secundario al conectar los transformadores en Yy0?

**i. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

- 1.PARRA, Eduardo (2010) Índices horarios (I): Determinación práctica (consulta: 19 de Enero 2015). <http://blog.aulamoisan.com/2010/10/indices-horarios-ideterminacion.html#comment-form>
- 2.PARRA, Eduardo (2010) Índices horarios (I): Determinación práctica (consulta: 19 de Enero 2015). <http://blog.aulamoisan.com/2010/11/indices-horarios-ii-desarrollo-del.html>

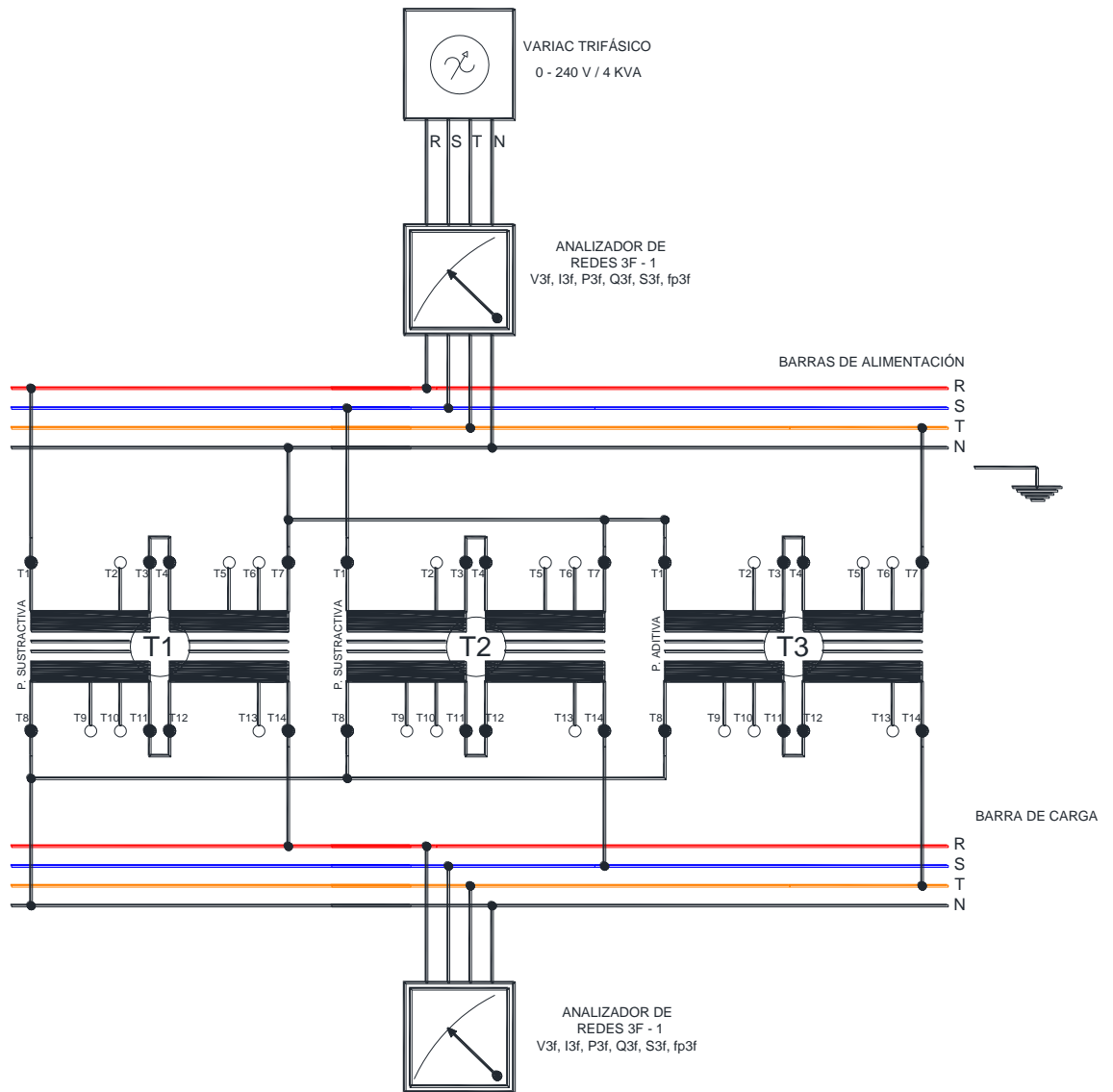
**j. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

# PRUEBA No.1: CONEXIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Yy6

## DIAGRAMA ELÉCTRICO

Fuente: Los autores



**Figura 4.290:** Diagrama eléctrico Prueba # 1 – Práctica # 8

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

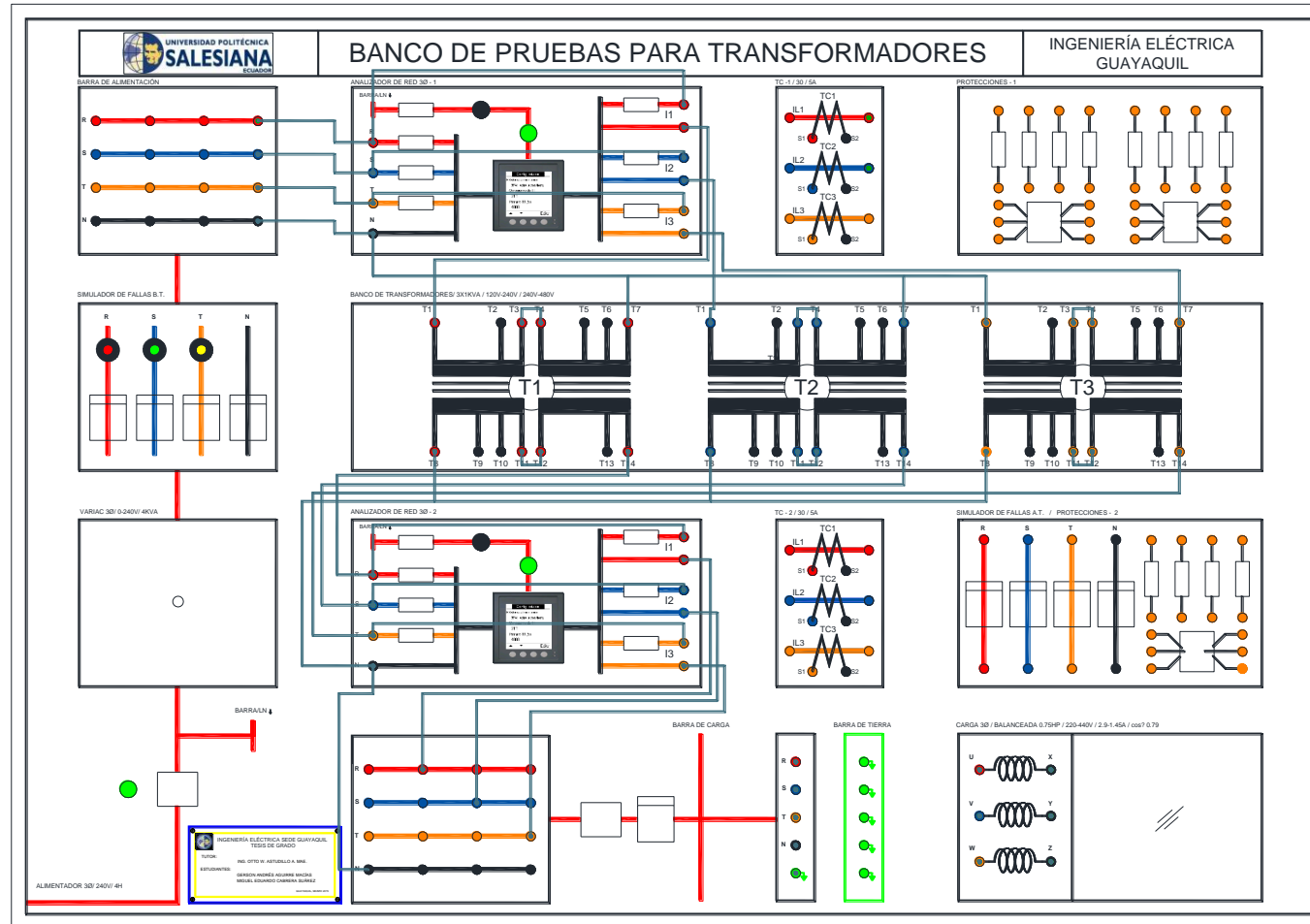


Figura 4.291: Diagrama de conexiones Prueba # 1 – Práctica # 8

# CONEXIÓN DEL OSCILOSCOPIO FLUKE SCOPEMETER 125 PARA OBTENER EL:

## DEFASAMIENTO ENTRE VLL (r-s) Y VLL (R-S)

Fuente: Los autores

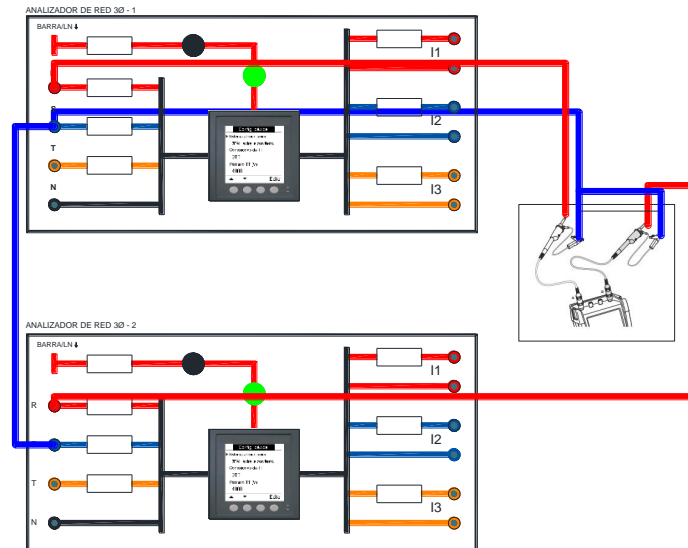


Figura 4.292: Diagrama de conexión de desfasamiento entre Vrs a VRS

## DEFASAMIENTO ENTRE VLL (r-s) Y VLL (R-S)

Fuente: Los autores

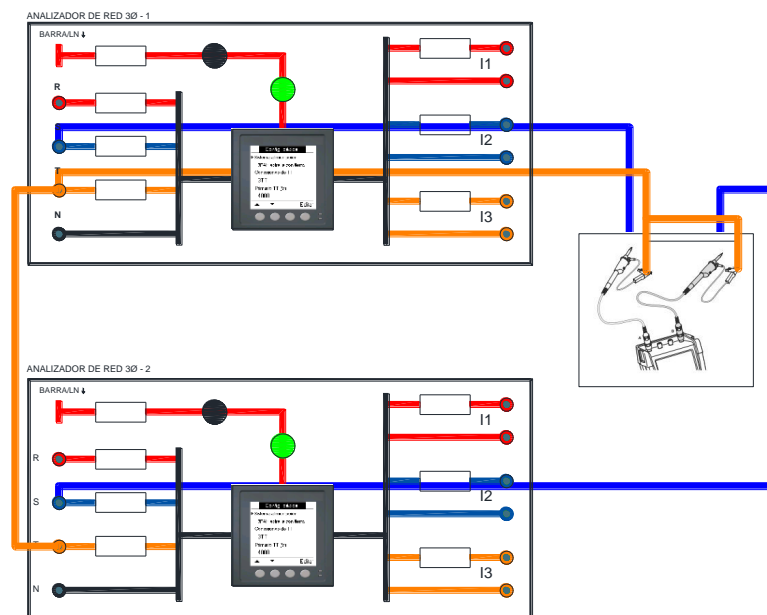


Figura 4.293: Diagrama de conexión de desfasamiento entre Vst a VST



## DESFASAMIENTO ENTRE VLL (r-s) Y VLL (R-S)

Fuente: Los autores

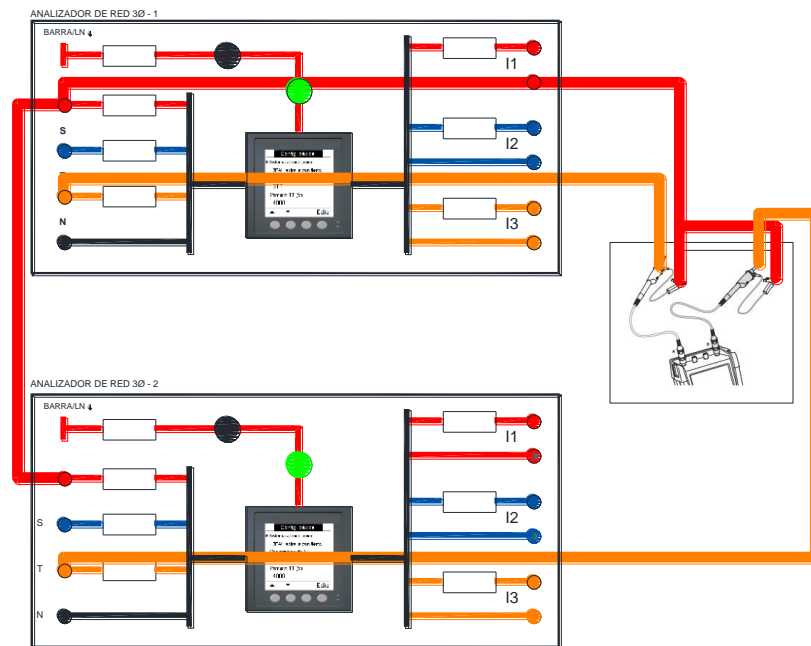


Figura 4.294: Diagrama de conexión de desfase entre Vtr a VTR

## REGISTRO DE RESULTADOS REALES OBTENIDOS DE LA PRUEBA No.1

TABLA No.1: SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN TRIFÁSICA Yy6				
BAJA TENSIÓN		ALTA TENSIÓN		OBSERVACIONES
VOLTAJES	$V L^\circ$	VOLTAJES	$V L^\circ$	
$V (r-s)$	$L 0^\circ$	$V (R-S)$	$L 180^\circ$	
$V (s-t)$	$L -120^\circ$	$V (S-T)$	$L 60^\circ$	
$V (t-r)$	$L 120^\circ$	$V (T-R)$	$L 300^\circ$	

Tabla 62: Valores medidos del desfaseamiento Yy6

### Análisis del sistema Yy6 mediante el método de índices horarios:

Fuente: Los autores

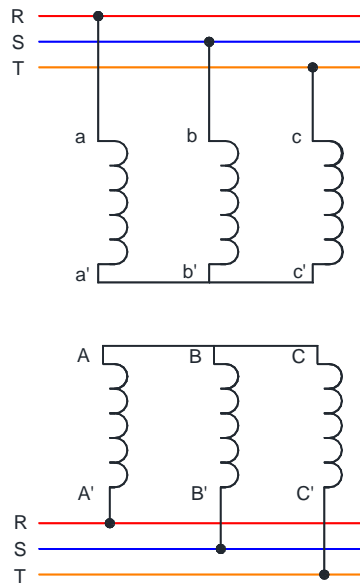


Figura 4.295: Conexión Yy6

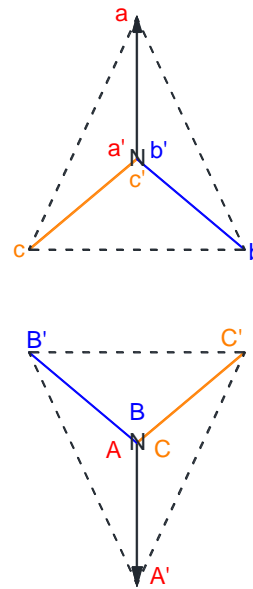
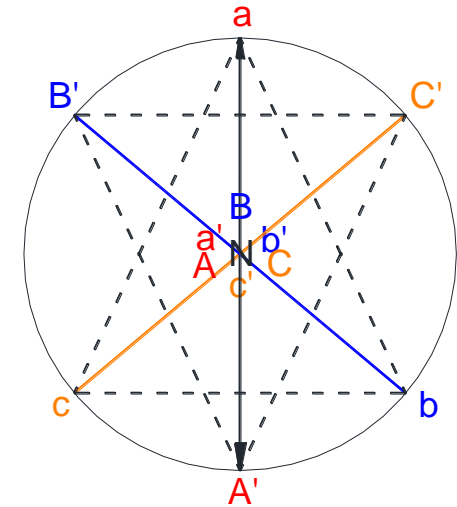


Figura 4.296: Índice de horario Yy6



# ONDAS SENOIDALES DE VOLTAJE EN FASE DEL SISTEMA OBTENIDO DEL OSCILOSCOPIO FLUKE SCOPEMETER 125

## FASES rs-RS

Fuente: Los autores

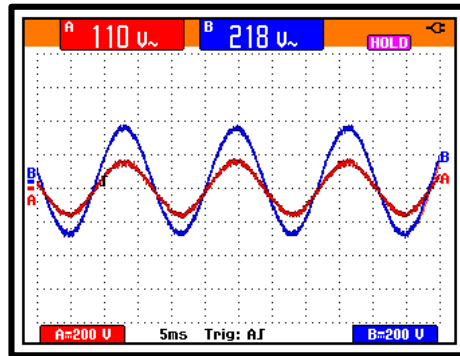


Figura 4.297: Diagrama de onda de desfaseamiento entre  $V_{rs}$  y  $V_{RS} - Y_{y0}$

## FASES st - ST

Fuente: Los autores

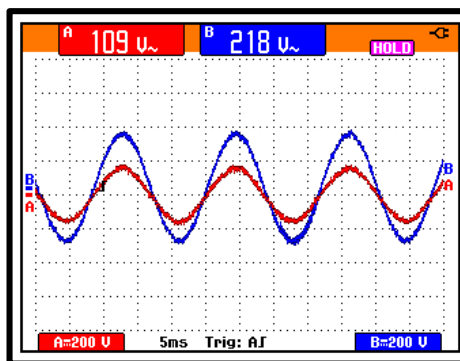


Figura 4.298: Diagrama de onda de desfaseamiento entre  $V_{st}$  y  $V_{ST} - Y_{y0}$

## FASES tr - TR

Fuente: Los autores

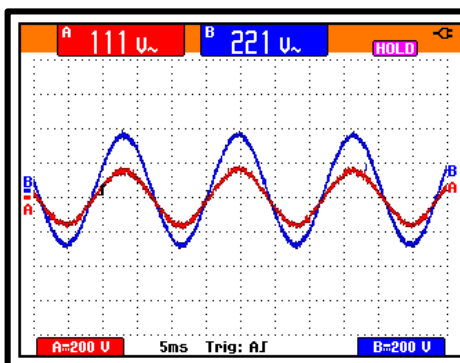


Figura 4.299: Diagrama de onda de desfaseamiento entre  $V_{tr}$  y  $V_{TR} - Y_{y0}$

# ONDAS SENOIDALES DE VOLTAJE DESFASADAS 180° DEL SISTEMA OBTENIDO DEL OSCILOSCOPIO FLUKE

## FASES rs-RS

Fuente: Los autores

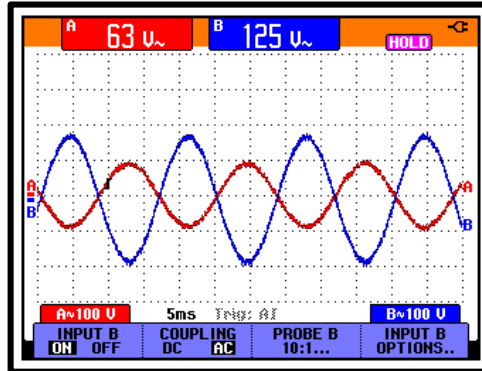


Figura 4.300: Diagrama de onda de desfaseamiento entre  $V_{rs}$  y  $V_{RS} - Yy6$

## FASES st - ST

Fuente: Los autores

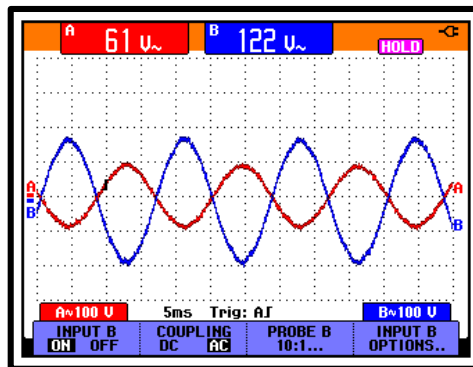


Figura 4.301: Diagrama de onda de desfaseamiento entre  $V_{st}$  y  $V_{ST} - Yy6$

## FASES tr - TR

Fuente: Los autores

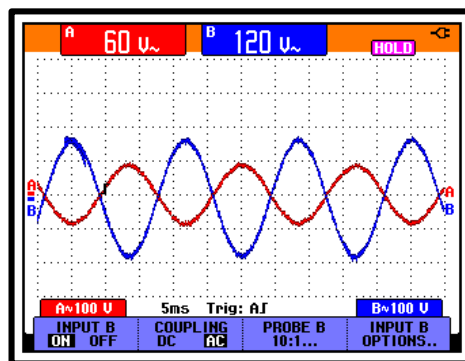



Figura 4.302: Diagrama de onda de desfaseamiento entre  $V_{tr}$  y  $V_{TR} - Yy6$

## **CONCLUSIONES:**

- Se ejecutó la conexión del sistema Yy0, se realizó pruebas experimentales con el osciloscopio verificando el desfase de  $0^\circ$  en los voltajes de alta tensión con respecto a los voltajes de baja tensión.
- Para determinar la conexión del sistema Yy6 se utilizó la metodología de índices de horarios.
- Se ejecutó la conexión del sistema Yy6, se realizó pruebas experimentales con el osciloscopio verificando el desfase de  $180^\circ$  en los voltajes de alta tensión con respecto a los voltajes de baja tensión.
- Cuando queremos realizar conexiones entre dos bancos de transformadores en paralelo se debe tener presente que el índice horario sea el mismo para ambos bancos.

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 3
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### 4.2.9. Practica # 9

##### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 9**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

##### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. **TEMA:** Simulación de Regulación de tap del sistema de transformación trifásico Y-Y por necesidades de carga.

- b. **OBJETIVO GENERAL:**


Estudiar el comportamiento que tendrá el sistema de transformación trifásico Y-Y por necesidades de carga, ante posibles eventos que pudieran suscitarse en el sistema.

- c. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Realizar la conexión Y-Y con carga balanceada resistiva a 208v conectada en estrella.
2. Simular el aumento de voltaje por medio del tap (variador de voltaje) para obtener 230 v en el secundario.
3. Estudiar el comportamiento de las cargas monofásicas que se vieran afectadas por el aumento de voltaje.

- d. **MARCO TEÓRICO**

1. Sistemas de transformación trifásica con carga balanceada.

	REVISIÓN 1/1	Página 2 de 3
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

2. Banco trifásico de transformadores conexión Y-Y.
3. Carga resistiva

#### e. PROCEDIMIENTO

1. Realizar la conexión trifásica Y-Y según el diagrama de conexiones.
2. Simular el aumento de voltaje por medio del variador de voltaje
3. Observar el comportamiento de las cargas monofásicas que vieran afectadas.
4. Efectuar las mediciones indicadas, para completar cada una de las tablas propuestas de la práctica.
5. Estudiar los resultados obtenidos y formular conclusiones.
6. Generar el reporte de la práctica realizada.

#### f. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Análisis del comportamiento del sistema Y-Y con carga balanceada resistiva conectado en Y a 208 V.
  - **Prueba No.1-** Simulación del regulación de voltaje utilizando el variador de voltaje

#### g. RECURSOS

1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Carga resistiva 3x100W
3. Diagramas eléctricos para pruebas.
4. Diagramas de conexión para pruebas.

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 3 de 3</i>
	<b>MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
<b>LABORATORIO</b>	<b>TRANSFORMADORES</b>	
<b>CARRERA</b>	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>SEDE</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	

5. Equipos para medición.
6. Tablas de la para registro de resultados.

#### **h. REGISTRO DE RESULTADOS**

1. TABLA No.1
2. TABLA No 2

#### **i. CUESTIONARIO**

- 1.¿Por qué se requiere aumentar los niveles de voltaje mediante el TAP para este caso experimental?
- 2.¿Qué pasa con el voltaje de fase en las cargas monofásicas al regular el voltaje hasta un nivel de 230V de línea a línea?
- 3.¿Cómo se verán afectadas las cargas monofásicas con el aumento de tensión provocado?

#### **j. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

1. CHAPMAN, STEPHEN J., MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MC GRAW HILL, 2012

#### **k. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

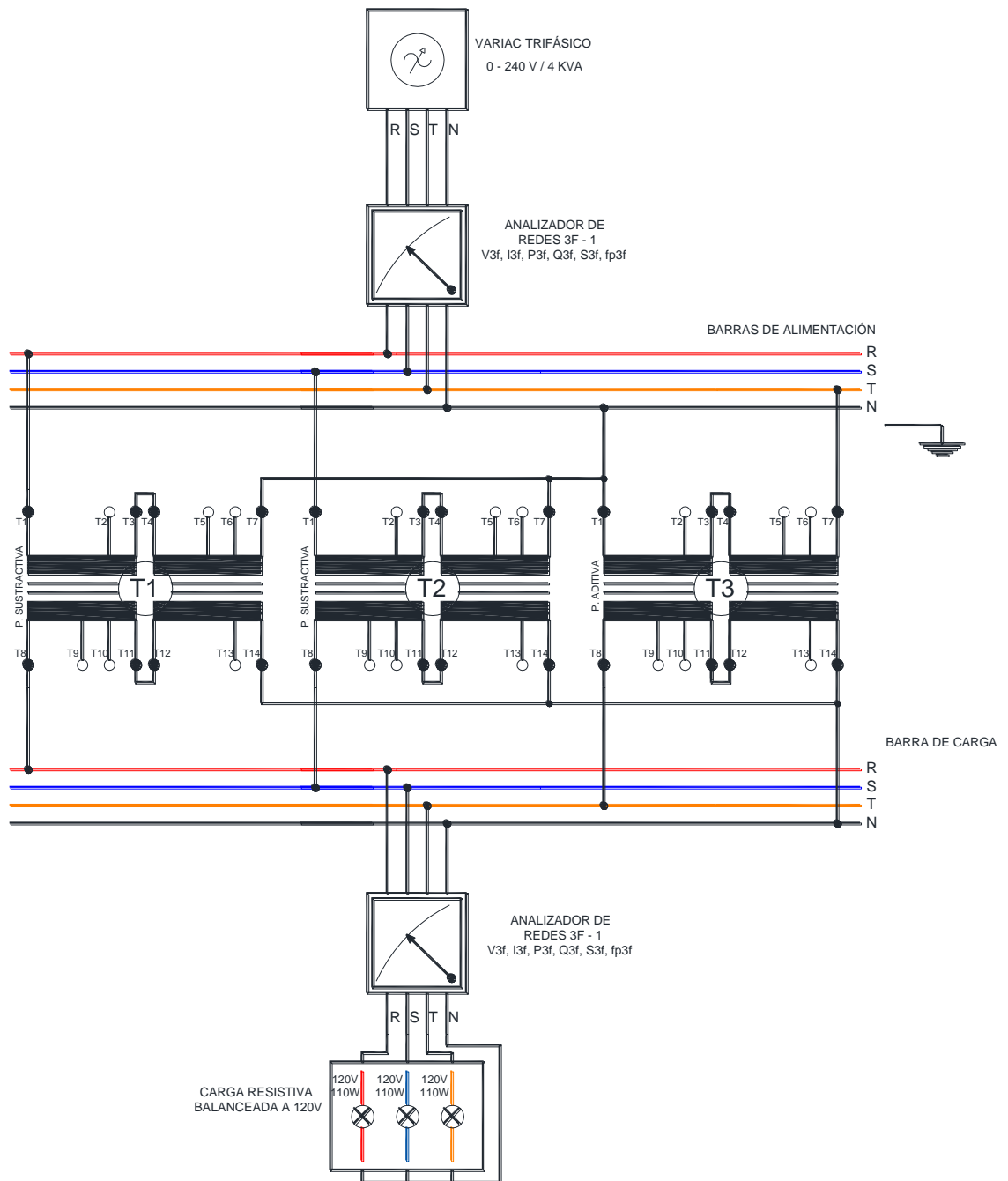
De acuerdo a la planificación de cada docente



**PRUEBA No.1: SIMULACIÓN DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN  
CONEXIÓN Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA  
EN “Y” A 208V.**

**DIAGRAMA ELÉCTRICO**

Fuente: Los autores



**Figura 4.303:** Diagrama eléctrico Prueba # 1 – Práctica # 9

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

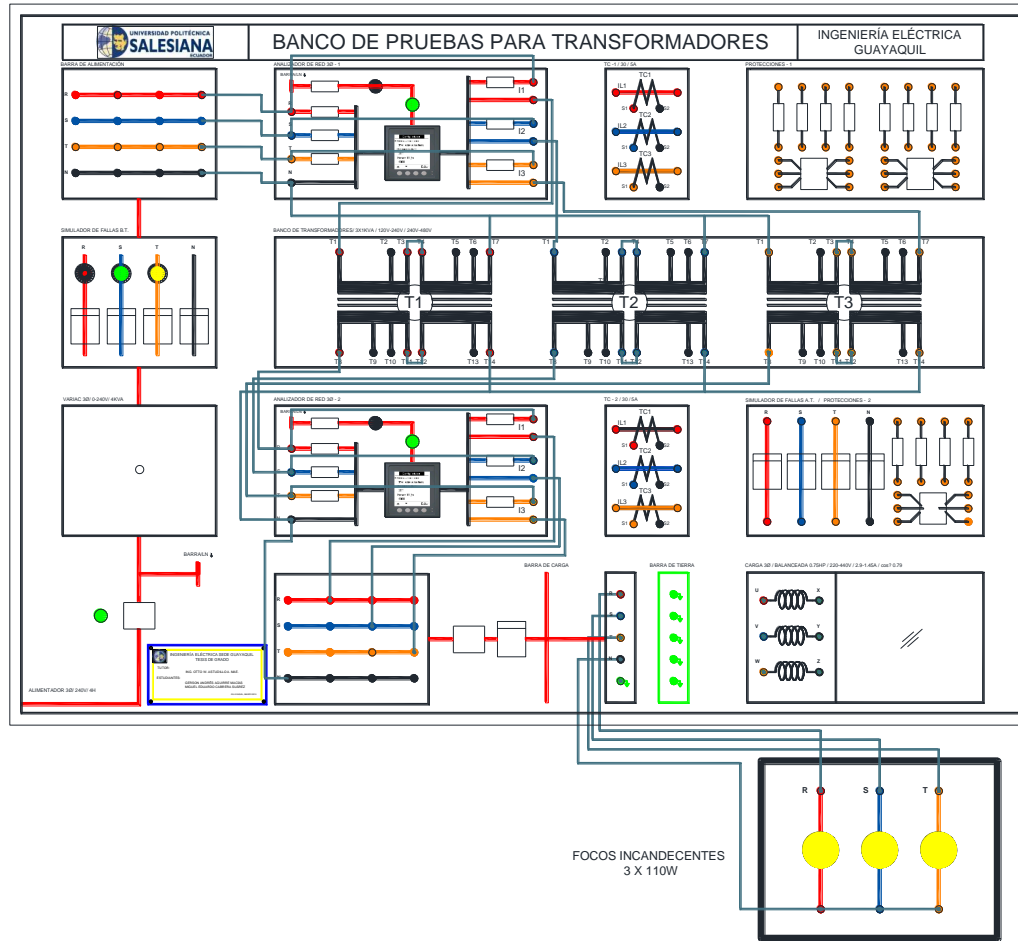


Figura 4.304: Diagrama de conexiones Prueba # 1 – Práctica # 9

## REGISTRO DE RESULTADOS

<b>TABLA No.1: SIMULACIÓN DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN CONEXIÓN Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 208V. VALORES ANTES DE LA REGULACIÓN</b>				
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	
<b>V (R-S)</b>	112.8	<b>V (r-s)</b>	210.6	
<b>V (S-T)</b>	112.8	<b>V (s-t)</b>	211.2	
<b>V (T-R)</b>	111.8	<b>V (t-r)</b>	208.4	
<b>V (R-N)</b>	64.6	<b>V (r-n)</b>	119.9	
<b>V (S-N)</b>	65.3	<b>V (s-n)</b>	122.7	
<b>V (T-N)</b>	64.8	<b>V (t-n)</b>	120.7	
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	
<b>I1</b>	1.9	<b>I1</b>	0.93	
<b>I2</b>	1.9	<b>I2</b>	0.94	
<b>I3</b>	1.9	<b>I3</b>	0.93	
<b>IN</b>	0.06	<b>IN</b>	0.018	
<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P</b>	372.5	<b>P</b>	341.13	
<b>Q</b>	16.3	<b>Q</b>	-3.8	
<b>S</b>	372.9	<b>S</b>	340.9	
<b>POTENCIAS POR FASE</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS POR FASE</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P1</b>	122.7	<b>P1</b>	112.4	
<b>P2</b>	125.2	<b>P2</b>	115.7	
<b>P3</b>	123.9	<b>P3</b>	113.2	
<b>Q1</b>	4.6	<b>Q1</b>	-1.5	
<b>Q2</b>	4.3	<b>Q2</b>	-1.4	
<b>Q3</b>	7.2	<b>Q3</b>	-1	
<b>S1</b>	122.6	<b>S1</b>	112.1	
<b>S2</b>	125.5	<b>S2</b>	115.6	
<b>S3</b>	124.1	<b>S3</b>	112.9	
<b>Fp1</b>	0.99	<b>Fp1</b>	0.99	
<b>Fp2</b>	0.99	<b>Fp2</b>	0.99	
<b>Fp3</b>	0.99	<b>Fp3</b>	0.99	
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	

**Tabla 63:** Valores medidos antes de la regulación de voltaje

<b>TABLA No.2: SIMULACIÓN DE REGULACIÓN DE VOLTAJE EN CONEXIÓN Y-Y CON CARGA BALANCEADA RESISTIVA CONECTADA EN “Y” A 230V. DESPUÉS DE LA REGULACIÓN</b>				
<b>PRIMARIO</b>		<b>SECUNDARIO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	<b>VOLTAJES</b>	<b>[V]</b>	
<b>V (R-S)</b>	122.8	<b>V (r-s)</b>	229.8	
<b>V (S-T)</b>	122.2	<b>V (s-t)</b>	229.3	
<b>V (T-R)</b>	121.4	<b>V (t-r)</b>	226.8	
<b>V (R-N)</b>	70.4	<b>V (r-n)</b>	131.1	
<b>V (S-N)</b>	70.9	<b>V (s-n)</b>	133.5	
<b>V (T-N)</b>	70.2	<b>V (t-n)</b>	131.1	
<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	<b>CORRIENTES</b>	<b>[A]</b>	
<b>I1</b>	1.9	<b>I1</b>	0.98	
<b>I2</b>	2	<b>I2</b>	0.98	
<b>I3</b>	1.9	<b>I3</b>	0.97	
<b>IN</b>	0.04	<b>IN</b>	0.024	
<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P</b>	422.7	<b>P</b>	388.6	
<b>Q</b>	15.6	<b>Q</b>	-4.5	
<b>S</b>	423.6	<b>S</b>	388.7	
<b>POTENCIAS POR FASE</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	<b>POTENCIAS POR FASE</b>	<b>[W][VAR][VA]</b>	
<b>P1</b>	140.7	<b>P1</b>	129.3	
<b>P2</b>	142.6	<b>P2</b>	131.5	
<b>P3</b>	140.3	<b>P3</b>	128.6	
<b>Q1</b>	5	<b>Q1</b>	-1.6	
<b>Q2</b>	4.8	<b>Q2</b>	-1.5	
<b>Q3</b>	5.8	<b>Q3</b>	-1.4	
<b>S1</b>	141.1	<b>S1</b>	129.5	
<b>S2</b>	142.8	<b>S2</b>	131.8	
<b>S3</b>	140.6	<b>S3</b>	128.8	
<b>Fp1</b>	0.99	<b>Fp1</b>	0.99	
<b>Fp2</b>	0.99	<b>Fp2</b>	0.99	
<b>Fp3</b>	0.99	<b>Fp3</b>	0.99	
<b>FpT</b>	0.99	<b>FpT</b>	0.99	

Tabla 64: Valores medidos después de la regulación de voltaje

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 ANTES DE LA REGULACIÓN

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

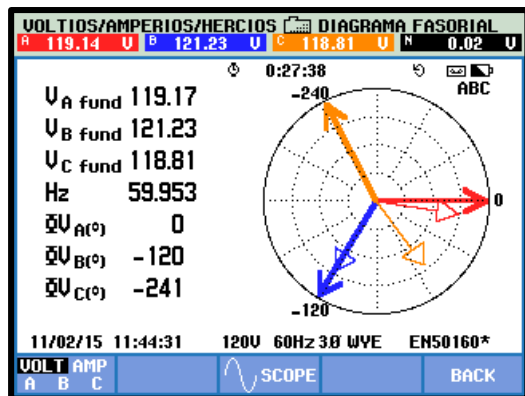


Figura 4.305: Diagrama fasorial de Voltaje antes de regulación de TAP

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

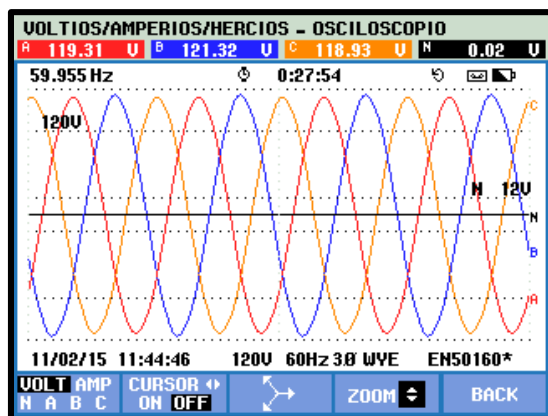


Figura 4.307: Diagrama onda de Voltaje antes de regulación de TAP

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

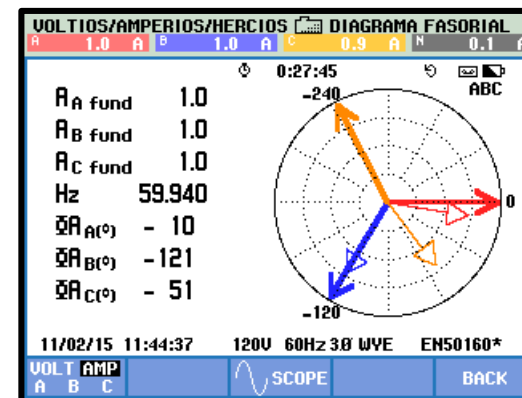


Figura 4.306: Diagrama fasorial de Corrientes antes de regulación de TAP

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

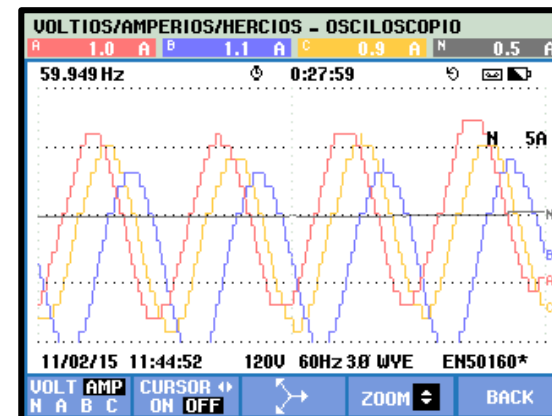


Figura 4.308: Diagrama onda de Corrientes antes de regulación de TAP

## DIAGRAMAS FASORIALES DEL SISTEMA OBTENIDO DEL ANALIZADOR FLUKE POWER LOG 435 DESPUÉS DE LA REGULACIÓN

### DIAGRAMA FASORIAL DEL VOLTAJE

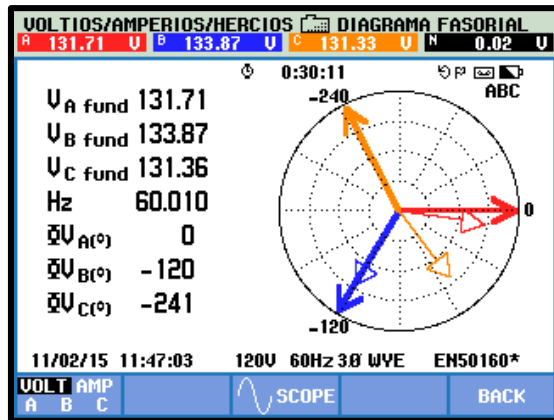


Figura 4.309: Diagrama fasorial de Voltaje después de regulación de TAP

### DIAGRAMA DE ONDA DE VOLTAJE

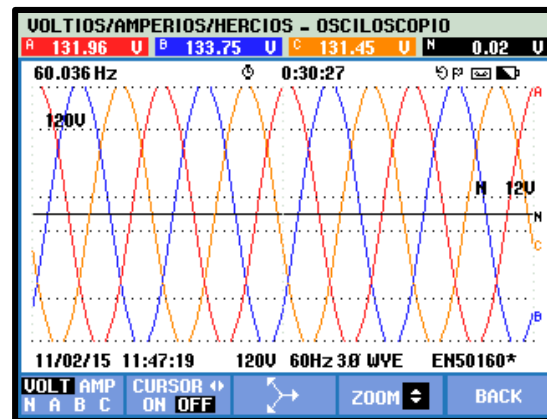


Figura 4.311: Diagrama onda de Voltaje después de regulación de TAP

Fuente: Los autores

### DIAGRAMA FASORIAL DE CORRIENTES

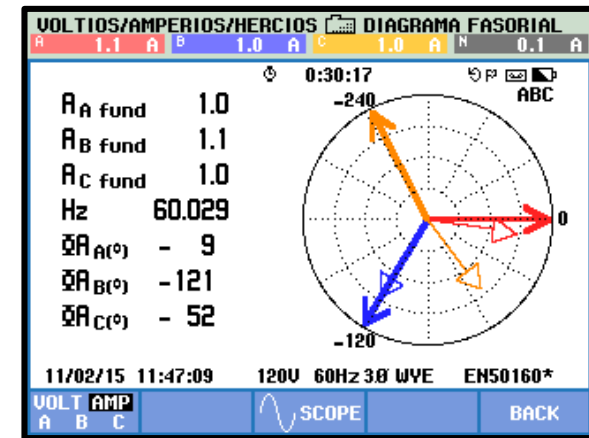


Figura 4.310: Diagrama fasorial de Corrientes después de regulación de TAP

### DIAGRAMA DE ONDA DE CORRIENTES

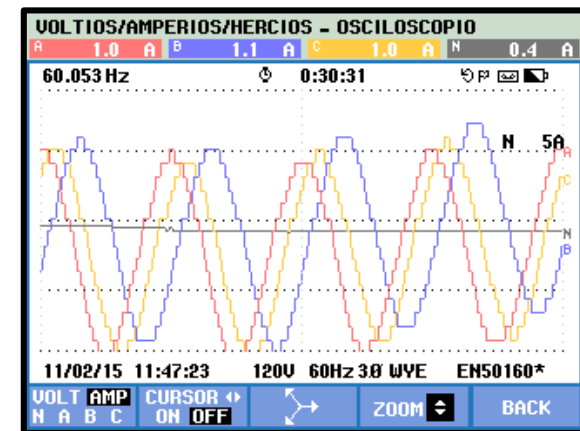


Figura 4.312: Diagrama onda de Corrientes después de regulación de TAP

Fuente: Los autores

## **CONCLUSIONES:**

- Luego de haber realizado este análisis, simulamos la necesidad de alimentar una carga trifásica de 230V para lo cual fue necesario incrementar el voltaje de línea que en condiciones normales era de 208V con el variac simulando este a los denominados tap de derivación, resultando un incremento a 230V llegando a satisfacer nuestra carga trifásica, sin embargo se presentaron problemas con las cargas monofásicas a 120V que empezaron a trabajar con un nuevo voltaje de  $\sqrt{3}$  el voltaje de línea, es decir 133V de línea a neutro.
- El incremento del voltaje que alimentan a las cargas monofásicas trae como consecuencia disminuir la vida útil de los elementos conectados tales como bombillos, aparatos electrónicos, etc. Cabe indicar que este incremento de voltaje puede causar el daño total de los equipos electrónicos.
- En la vida real cuando se presentan estos casos a todas estas cargas se les conecta un regulador de voltaje como protección a los equipos.

	REVISIÓN 1/1	Página 1 de 4
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

#### 4.2.10. Práctica # 10

##### 1. DATOS INFORMATIVOS

- a. **MATERIA:** Maquinas Eléctricas I
- b. **PRÁCTICA N° 10**
- c. **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- d. **NOMBRE DOCENTE:** Ing. Otto W. Astudillo A. MAE.
- e. **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

##### 2. DATOS DE LA PRÁCTICA

**TEMA:** ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC

###### a. OBJETIVO GENERAL:

Estudiar el sistema de transformación Y-Y de forma ideal y real con carga desbalanceada RLC.

###### b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Efectuar la conexión Y-Y con cargas desbalanceadas RLC en el banco de pruebas de acuerdo al diagrama de conexiones.
2. Realizar el modelo real trifásico y por fase del sistema.
3. Determinar el rendimiento del sistema.
4. Simular fallas serie en el lado primario del transformador.
5. Simular fallas serie en el lado secundario del transformador.
6. Determinar los porcentajes de armónicos del sistema a vacío y con carga.



	REVISIÓN 1/1	Página 2 de 4
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

### c. MARCO TEÓRICO

1. Sistemas de transformación trifásica con cargas desbalanceada.
2. Banco trifásico de transformadores conexión Y-Y.
3. Cargas inductivas, resistivas y capacitivas
4. Diagramas fasoriales
5. Fallas serie
6. Armónicos en banco de transformadores.

### d. PROCEDIMIENTO

1. Efectuar la conexión trifásica Y-Y según el diagrama de conexiones.
2. Efectuar las mediciones indicadas, para completar cada una de las tablas propuestas de la práctica.
3. Registrar los cálculos realizados en cada prueba.
4. Realizar los diagramas fasoriales de las pruebas
5. Estudiar los resultados obtenidos y emitir conclusiones
6. Generar el reporte de la práctica realizada.

### e. ANÁLISIS Y PRUEBAS

1. Estudio ideal y real del sistema Y-Y con carga desbalanceada RLC.
  - **Prueba No.1:** Modelo real por fase y trifásico del sistema Y-Y con carga desbalanceada RLC.
2. Estudio de falla del sistema Y-Y con carga desbalanceada RLC.
  - **Prueba No.2-A:** Simulación de fallas en el lado primario del sistema.
  - **Prueba No.2-B:** Simulación de fallas en el lado secundario del sistema.
3. Estudio de armónicos del sistema a vacío y con carga.

	REVISIÓN 1/1	Página 3 de 4
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	TRANSFORMADORES	
CARRERA	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
SEDE	GUAYAQUIL	

- **Prueba No.3:** Determinación de armónicos del sistema a vacío y con carga.

#### f. RECURSOS


1. Banco de pruebas para transformadores.
2. Diagramas eléctricos para pruebas.
3. Diagramas de conexión para pruebas.
4. Equipos para medición.
5. Cables de conexión.
6. Tablas de la para registro de resultados.

#### g. REGISTRO DE RESULTADOS

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1. TABLA No.1-A  | 11. TABLA No.1-K |
| 2. TABLA No.1-B  | 12. TABLA No.2-A |
| 3. TABLA No.1-C  | 13. TABLA No.2-B |
| 4. TABLA No.1-D  | 14. TABLA No.2-C |
| 5. TABLA No.1-E  | 15. TABLA No.2-D |
| 6. TABLA No.1-F  | 16. TABLA No.3-A |
| 7. TABLA No.1-G  | 17. TABLA No.3-B |
| 8. TABLA No.1-H  | 18. TABLA No.3-C |
| 9. TABLA No.1-I  | 19. TABLA No.3-D |
| 10. TABLA No.1-J | 20. TABLA No.4   |

#### h. CUESTIONARIO

- 1.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases RS del lado secundario (AT) con carga desbalanceada?
- 2.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases ST del lado secundario (AT) con carga desbalanceada?

	<b>REVISIÓN 1/1</b>	<i>Página 4 de 4</i>
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
LABORATORIO	<b>TRANSFORMADORES</b>	
CARRERA	<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	
SEDE	<b>GUAYAQUIL</b>	

3.¿Qué sucede con los niveles de voltaje al desconectar las fases TR del lado secundario (AT) con carga desbalanceada?

4.¿Al tener un transformador con carga desbalanceada que orden de armónicos se presenta con mayor nivel?

**i. ANEXOS**

1.Diagramas eléctricos.

2.Diagramas de conexiones.

3.Tablas de la práctica para el registro de resultados.

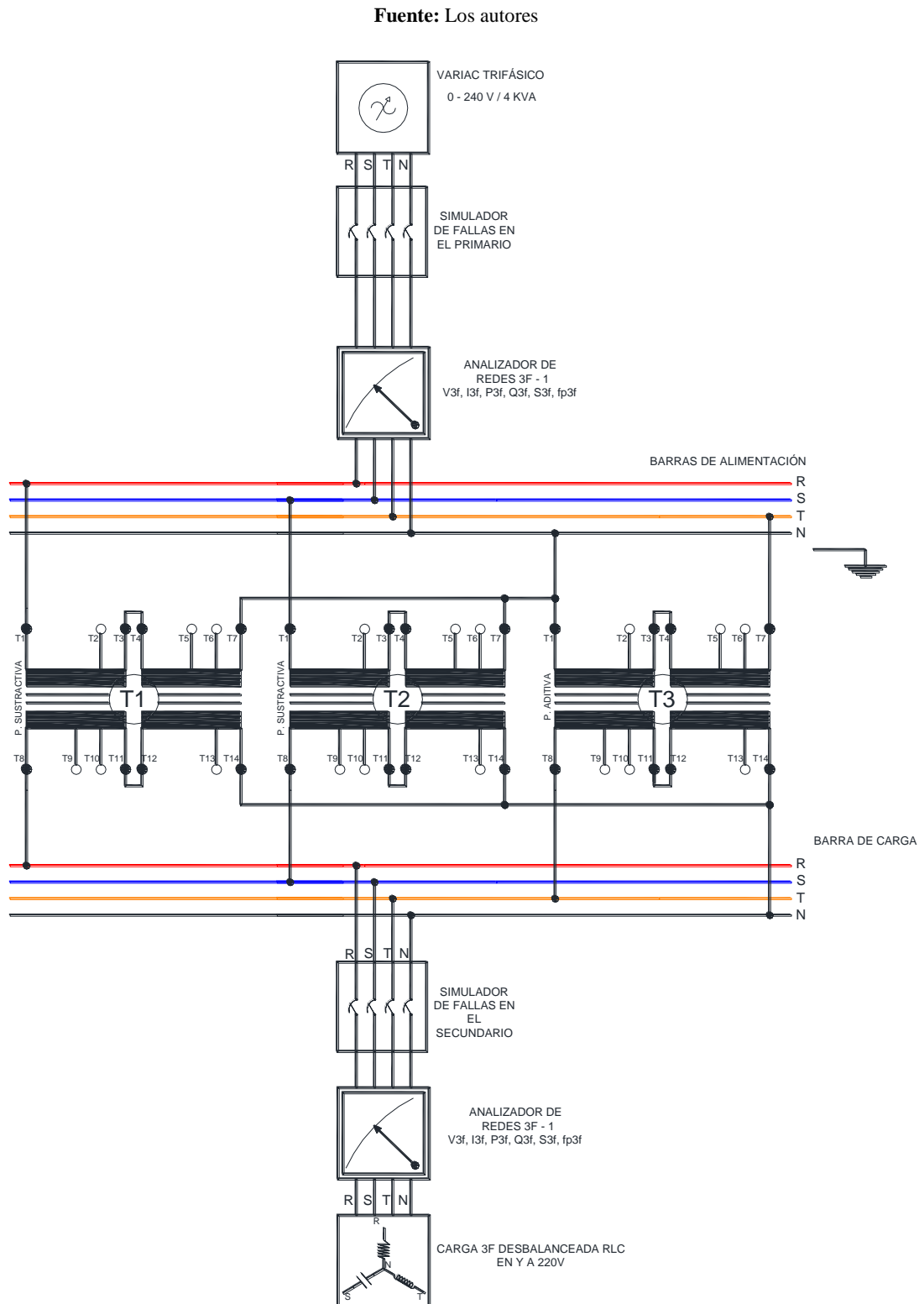
**j. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

2. CHAPMAN, STEPHEN J., MÁQUINAS ELÉCTRICAS, MC GRAW HILL, 2012

**k. CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente

## DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC



**Figura 4.313:** Diagrama eléctrico del sistema Y-Y con carga desbalanceada RLC

# DIAGRAMA DE CONEXIONES

Fuente: Los autores

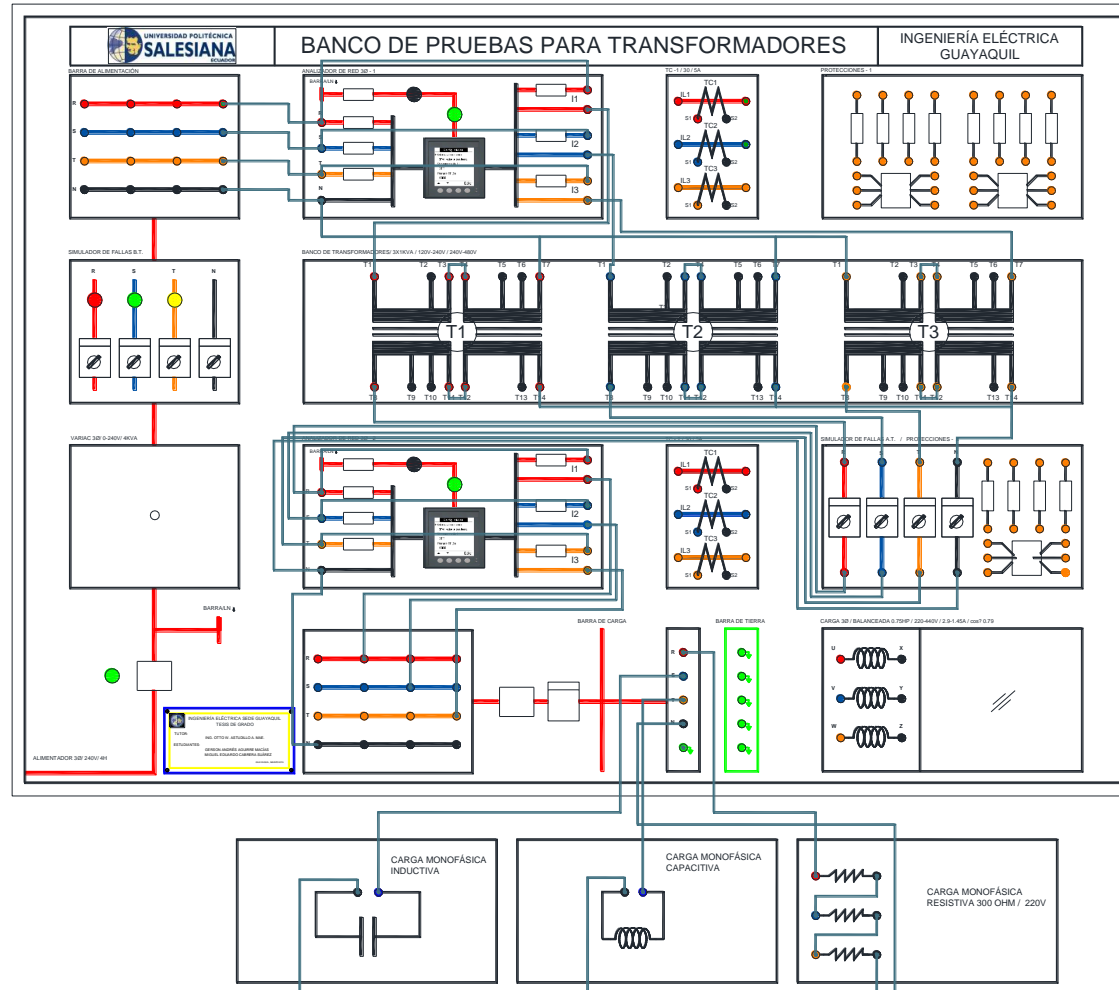


Figura 4.314: Diagrama de conexiones del sistema Y-Y carga desbalanceada RLC

**TABLA No.1-A: Valores teóricos transformador T1**

<b>VLN</b>	211.2
<b>Zca/BT/120V</b>	8097.32-j8350
<b>Zcc/AT/240V</b>	8.73+j2.18
<b>A</b>	2
<b>S carga3Φ</b>	160 VA /300 Ω/0.73A
<b>Fp=</b>	0.99

Tabla 65: Valores teóricos cálculos del Transformador 1

**TABLA No.1-B: Valores teóricos transformador T2**

<b>VLN</b>	228.4
<b>Zca/BT/120V</b>	7963.36-j8464.13
<b>Zcc/AT/240V</b>	8.46+j2.12
<b>A</b>	2
<b>S carga3Φ</b>	200 VA /CARGA CAPACITIVA AL 5% /0.91A
<b>Fp=</b>	0

Tabla 66: Valores teóricos cálculos del Transformador 2

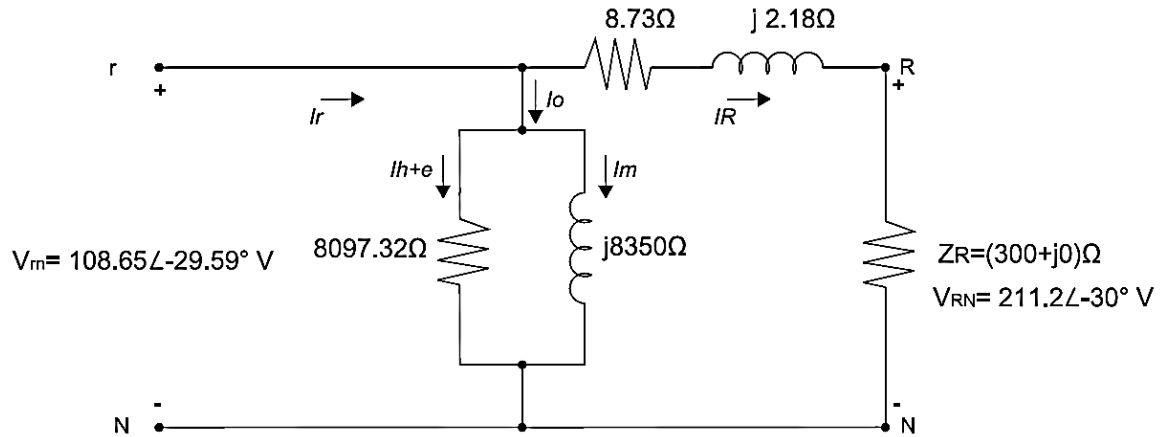
**TABLA No.1-C: Valores teóricos transformador T3**

<b>VLN</b>	211.2
<b>Zca/BT/120V</b>	7977.8-j8760.40
<b>Zcc/AT/240V</b>	8.42+j2.11
<b>A</b>	2
<b>S carga</b>	CARGA INDUCTIVA 100%
<b>Fp=</b>	0.26 atraso

Tabla 67: Valores teóricos cálculos del Transformador 3

**MODELO REAL APROXIMADO DE LÍNEA A FASE DEL SISTEMA  
ESTRELLA - ESTRELLA/FASE RN**

Fuente: Los autores



**Figura 4.315:** Modelo real monofásico del sistema Y – Y / Fase RN

$$R = 300\Omega$$

$$Z_R = (300 + j0)\Omega$$

$$V = Z * I$$

$$I_R = \frac{V_{RN}}{Z_R} = \frac{211.2\angle - 30^\circ V}{(300 + j0)\Omega} = 0.70\angle - 30^\circ A$$

$$V_{rn} = V_{RN} + (Z_{eq})(I_R)$$

$$V_{rn} = 211.2\angle - 30^\circ + [(8.73 + j2.18)(0.70\angle - 30^\circ)]$$

$$V_{rn} = 217.30\angle - 29.59^\circ V/AT$$

$$V_{rn} = 108.65\angle - 29.59^\circ V/BT$$

$$I_{h+e} = \frac{217.30\angle - 29.59^\circ V}{8097.32\angle 0^\circ\Omega} = 0.026\angle - 29.59^\circ A$$

$$I_m = \frac{217.30\angle - 29.95^\circ V}{8350\angle 90^\circ\Omega} = 0.026\angle - 119.59^\circ A$$

$$I_O = I_{h+e} + I_m$$

$$I_O = 0.036\angle - 74.59^\circ A$$

$$I_r = I_o + I_r$$

$$I_r = 0.72 \angle -31.99^\circ \text{ A/AT}$$

$$I_r = 1.45 \angle -31.99^\circ \text{ A/BT}$$

#### FACTOR DE POTENCIA EN LA FUENTE

$$f_{pf} = \cos(-29.59 + 31.99) = 0.99$$

#### FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

$$f_{pc} = \cos(-30 + 30) = 1$$

$$P_{nu} = (I_{h+e})^2 (R_{ex})$$

$$P_{cu} = (I_R)^2 (R_{eq})$$

$$P_{nu} = (0.026^2)(8097.32) = 5.47 \text{ w}$$

$$P_{cu} = (0.70^2)(8.73) = 4.27 \text{ w}$$

$$P_{secundario} = V_{RN} * I_R * f_P$$

$$P_{secundario} = (211.2)(0.70)(1) = 147.84 \text{ w}$$

$$P_{primario} = P_{secundario} + P_{nu} + P_{cu}$$

$$P_{primario} = 147.84 + 5.47 + 4.27 = 157.58 \text{ w}$$

$$P_{cu1} = I_{rn}^2 \times Req1 = (0.72)^2 \times (4.365) = 2.26 \text{ W}$$

$$P_{cu2} = I_{RN}^2 \times Req2 = (0.70)^2 \times (4.365) = 2.13 \text{ W}$$

$$P_{mag \text{ nucleo}} = I_m^2 \times Xex = (0.026)^2 \times (8350) = 5.64 \text{ W}$$

$$P_{mag \text{ cu1}} = I_{rn}^2 \times Xeq1 = (0.72)^2 \times (1.09) = 0.57 \text{ w}$$

$$P_{mag \text{ cu2}} = I_{RN}^2 \times Xeq2 = (0.70)^2 \times (1.09) = 0.53 \text{ w}$$

$$P_{mag \text{ cu}} = I_{RN}^2 \times Xeq = (0.70)^2 \times (2.18) = 1.06 \text{ w}$$

$$\%n = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \times 100 = \frac{147.8 \text{ W}}{157.5 \text{ W}} \times 100 = 93.84\%$$



## MODELO REAL APROXIMADO DE LÍNEA A FASE DEL SISTEMA ESTRELLA - ESTRELLA/FASE SN

Fuente: Los autores

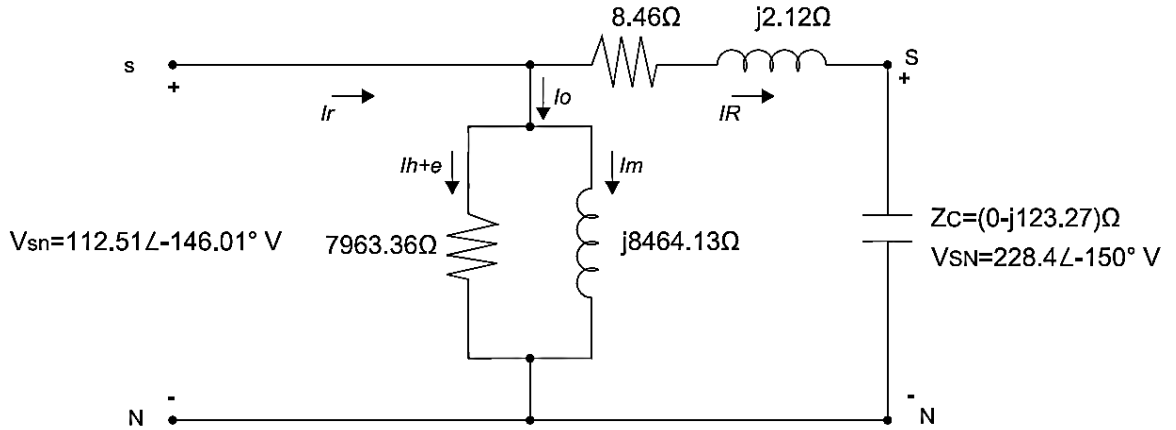


Figura 4.316: Modelo real monofásico del sistema Y – Y / Fase SN

$$C = 21.5\mu F$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi(60\text{Hz})(21.5\mu F)} = 123.37\Omega$$

$$Z_C = (0 - j123.37)\Omega$$

$$V = Z * I$$

$$I_S = \frac{V_{SN}}{Z_C} = \frac{228.4\angle - 150^\circ V}{(0 - j123.37)\Omega} = 1.85\angle - 60^\circ A$$

$$V_{sn} = V_{SN} + (Z_{eq})(I_S)$$

$$V_{sn} = 228.4\angle - 150^\circ + [(8.46 + j2.12)(1.85\angle - 60^\circ)]$$

$$V_{sn} = 225.02\angle - 146.01^\circ V/AT$$

$$V_{sn} = 112.51\angle - 146.01^\circ V/BT$$

$$I_{h+e} = \frac{225.02\angle - 146.01^\circ V}{7963.36\angle 0^\circ \Omega} = 0.0282\angle - 146.01^\circ A$$

$$I_m = \frac{225.02\angle - 146.01^\circ V}{8464.13\angle 90^\circ \Omega} = 0.0265\angle - 146.01^\circ A$$

$$I_O = I_{h+e} + I_m$$

$$I_0 = 0.0387 \angle 170.67^\circ A$$

$$I_s = I_0 + I_s$$

$$I_s = 1.82 \angle -60.94^\circ A/AT$$

$$I_s = 3.65 \angle -60.94^\circ A/BT$$

FACTOR DE POTENCIA EN LA FUENTE

$$f_{pf} = \cos(-16.01 + 60.94) = 0.085$$

FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

$$f_{pc} = \cos(-150 + 60) = 0$$

$$P_{nu} = (I_{h+e})^2 (R_{ex})$$

$$P_{cu} = (I_s)^2 (R_{eq})$$

$$P_{nu} = (0.0282^2)(7963.36) = 6.33w$$

$$P_{cu} = (1.85^2)(8.46) = 28.95w$$

$$P_{secundario} = V_{SN} * I_s * f_p$$

$$P_{secundario} = (228.4)(1.85)(0) = 0w$$

$$P_{primario} = P_{secundario} + P_{nu} + P_{cu}$$

$$P_{primario} = 0 + 6.33 + 28.95 = 35.28w$$

$$P_{primario} = 147.84 + 5.47 + 4.27 = 157.58w$$

$$P_{cu1} = I_{sn}^2 \times Req1 = (1.82)^2 \times (4.23) = 14.01W$$

$$P_{cu2} = I_{RN}^2 \times Req2 = (1.85)^2 \times (4.23) = 14.47W$$

$$P_{mag\ nucleo} = I_m^2 \times Xex = (0.026)^2 \times (8464.13) = 5.94W$$

$$P_{mag\ cu1} = I_{RN}^2 \times Xeq1 = (1.85)^2 \times (1.06) = 3.62w$$

$$P_{mag\ cu2} = I_{sn}^2 \times Xeq2 = (1.82)^2 \times (1.06) = 3.51w$$

$$P_{mag\ cu} = I_{RN}^2 \times Xeq = (1.85)^2 \times (2.12) = 7.25w$$

$$\%n = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \times 100 = \frac{147.8W}{157.5W} \times 100 = 93.84\%$$

## MODELO REAL APROXIMADO DE LÍNEA A FASE DEL SISTEMA ESTRELLA - ESTRELLA/FASE TN

Fuente: Los autores

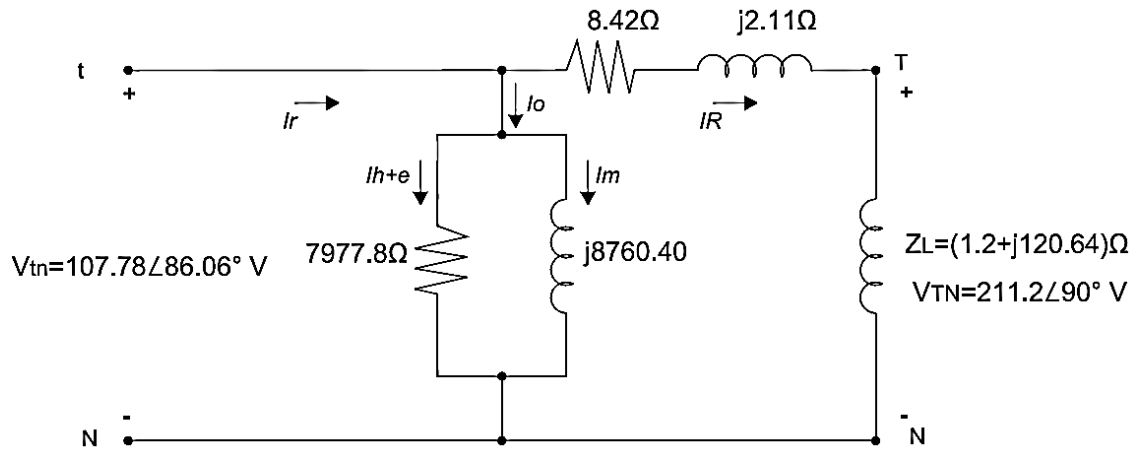


Figura 4.317: Modelo real monofásico del sistema Y – Y / Fase TN

$$R = 1.2\Omega$$

$$Z_R = \frac{V}{I} = \frac{211.2}{1.76} = 120$$

$$R = Z \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{1.2}{120}$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{1.2}{120}\right) = 89.42^\circ$$

$$X_L = Z \sin \theta = 120 \sin(89.42^\circ) = 119.99$$

$$Z = (1.2 + j119.99)$$

$$V = Z * I$$

$$I_T = \frac{V_{TN}}{Z_T} = \frac{211.2\angle 90^\circ V}{(1.2 + j119.99)\Omega} = 1.76\angle 0.57^\circ A$$

$$V_{tn} = V_{TN} + (Z_{eq})(I_T)$$

$$V_{tn} = 211.2\angle 90^\circ + [(8.42 + j2.11)(1.76\angle 0.57^\circ)]$$

$$V_{tn} = 215.56 \angle 86.06^\circ V/AT$$

$$V_{tn} = 107.78 \angle 86.06^\circ V/BT$$

$$I_{h+e} = \frac{215.56 \angle 86.06^\circ V}{7977.8 \angle 0^\circ \Omega} = 0.027 \angle 86.06^\circ A$$

$$I_m = \frac{215.53 \angle 86.06^\circ V}{8760.40 \angle 90^\circ \Omega} = 0.024 \angle -3.94^\circ A$$

$$I_o = I_{h+e} + I_m$$

$$I_o = 0.036 \angle 44.42^\circ A$$

$$I_t = I_o + I_T$$

$$I_t = 1.79 \angle 1.37^\circ A/AT$$

$$I_t = 3.57 \angle 1.37^\circ A/BT$$

#### FACTOR DE POTENCIA EN LA FUENTE

$$f_{pf} = \cos(86.06 - 1.37) = 0.0925$$

#### FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

$$f_{pc} = \cos(90 - 0.57) = 0.0099$$

$$P_{nu} = (I_{h+e})^2 (R_{ex})$$

$$P_{cu} = (I_T)^2 (R_{eq})$$

$$P_{nu} = (0.027^2)(7977.8) = 5.81w$$

$$P_{cu} = (1.76^2)(8.42) = 26.08w$$

$$P_{secundario} = V_{TN} * I_T * f_P$$

$$P_{secundario} = (211.2)(1.76)(0.0099) = 3.67w$$

$$P_{primario} = P_{secundario} + P_{nu} + P_{cu}$$

$$P_{primario} = 3.67 + 5.81 + 26.08 = 35.56w$$

$$P_{cu1} = I_{tn}^2 \times Req1 = (1.79)^2 \times (4.21) = 13.48W$$

$$P_{cu2} = I_{TN}^2 \times Req2 = (1.76)^2 \times (4.21) = 13.04W$$

$$P_{mag\ nucleo} = I_m^2 \times Xex = (0.024)^2 \times (8760.40) = 5.04W$$

$$P_{mag\ cu1} = I_{tn}^2 \times Xeq1 = (1.79)^2 \times (1.055) = 3.38w$$

$$P_{mag\ cu2} = I_{rn}^2 \times Xeq2 = (1.76)^2 \times (1.055) = 3.26w$$

$$P_{mag\ cu} = I_{RN}^2 \times Xeq = (1.76)^2 \times (2.11) = 6.53w$$

$$\%n = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \times 100 = \frac{147.8W}{157.5W} \times 100 = 93.84\%$$

## MODELO TRIFÁSICO DE LA CONEXIÓN Y - Y CON CARGA RLC EN ESTRELLA

Fuente: Los autores

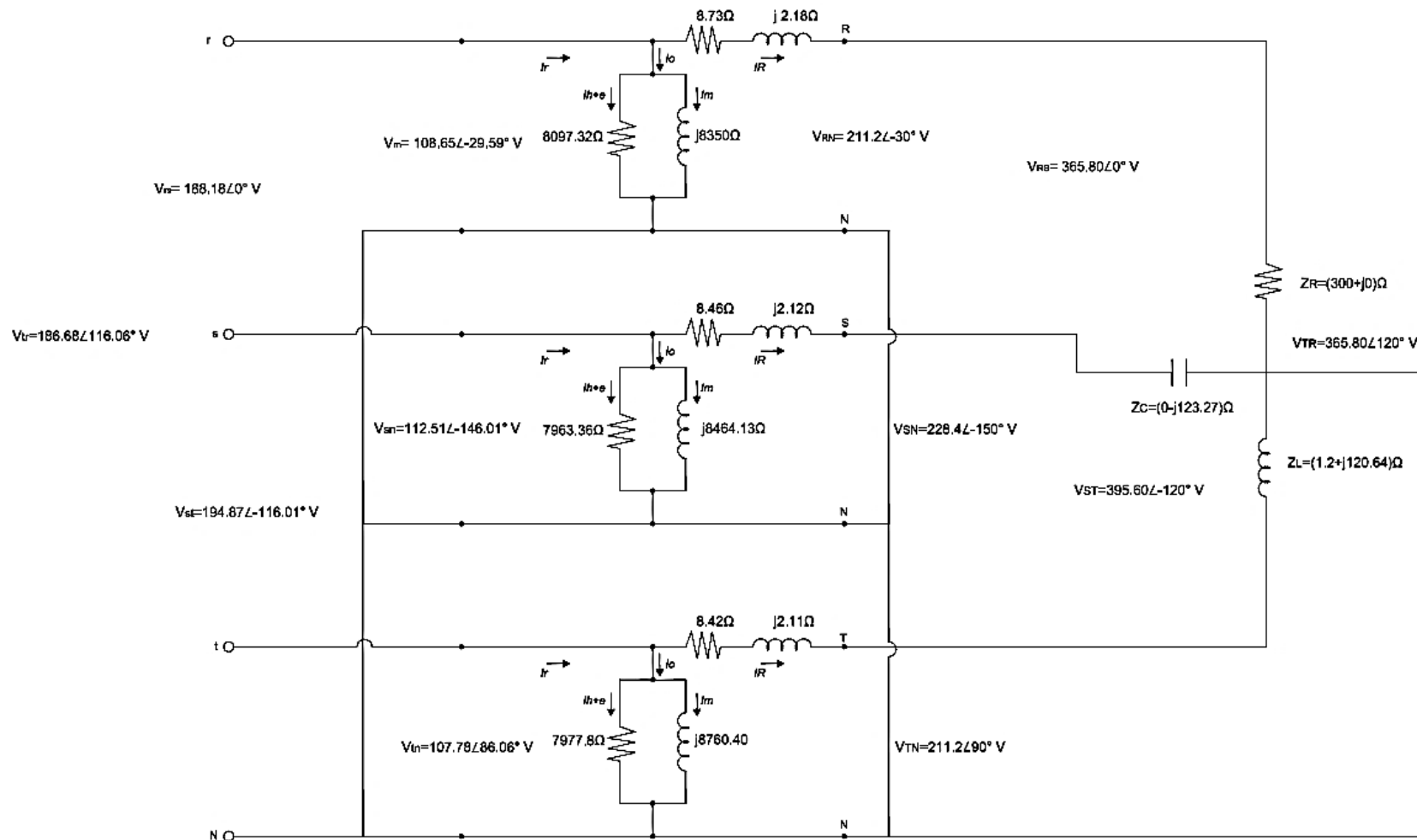


Figura 4.318: Modelo real trifásico del sistema Y – Y con carga desbalanceada

**Tabla No.1-D: Tabla de resultados teóricos del modelo por fase / T1 / R-N / carga resistiva.**

ÍTEM	VARIABLES	VARIABLES VALOR TEÓRICO	OBSERVACIONES
1	V1	108.65	
2	I1	1.45	
3	P1	157.58	
4	Q1	22.45	
5	S1	159.17	
6	FP1	0.99	
7	V2(RS)	211.2	
8	I2	0.70	
9	P2	147.84	
10	Q2	0	
11	S2	147.84	
12	FP2	1	
13	I0	0.036	
14	Ih+0	0.026	
15	Im	0.026	
16	Pnucleo	5.47	
17	Pmag nucleo	5.64	
18	Pcu	4.27	
19	Pcu1	2.26	
20	Pcu2	2.13	
21	Pmag cu	1.06	
22	Pmag cu1	0.57	
23	Pmag cu2	0.53	
24	Pelectricas (Total)	9.74	
25	Pmagneticas (Total)	6.7	
26	%n	93.81	

**Tabla 68:** Valores teóricos del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase R-N

**Tabla No.1-E: Tabla de resultados teóricos del modelo por fase / T2 / S-N / carga capacitiva.**

ÍTEM	VARIABLES	VARIABLES VALOR TEÓRICO	OBSERVACIONES
1	V1	112.51	
2	I1	3.65	
3	P1	34.90	
4	Q1	413.55	
5	S1	415.05	
6	FP1	0.085	
7	V2	228.4	
8	I2	1.85	
9	P2	0	
10	Q2	422.54	
11	S2	422.54	
12	FP2	0	
13	I0	0.0387	
14	Ih+0	0.0282	
15	Im	0.0265	
16	Pnucleo	6.33	
17	Pmag nucleo	5.94	
18	Pcu	28.95	
19	Pcu1	14.01	
20	Pcu2	14.47	
21	Pmag cu	7.25	
22	Pmag cu1	3.62	
23	Pmag cu2	3.51	
24	Pelectricas (Total)	35.28	
25	Pmagneticas (Total)	12.29	
26	%n	97.87	

**Tabla 69:** Valores teóricos del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase S-N

**Tabla No.1-F: Tabla de resultados teóricos del modelo real por fase / T3 / T-N/  
carga inductiva**

ÍTEM	VARIABLES	VARIABLES VALOR TEÓRICO	OBSERVACIONES
1	V1	107.78	
2	I1	3.57	
3	P1	35.56	
4	Q1	384.88	
5	S1	386.52	
6	FP1	0.092	
7	V2	211.2	
8	I2	1.76	
9	P2	3.67	
10	Q2	371.69	
11	S2	371.71	
12	FP2	0.0099	
13	I0	0.036	
14	Ih+0	0.027	
15	Im	0.024	
16	Pnucleo	5.81	
17	Pmag nucleo	5.04	
18	Pcu	26.08	
19	Pcu1	13.48	
20	Pcu2	13.04	
21	Pmag cu	6.53	
22	Pmag cu1	3.38	
23	Pmag cu2	3.26	
24	Pelectricas (Total)	31.89	
25	Pmagneticas (Total)	11.57	
26	%n	96.57	

**Tabla 70:** Valores teóricos del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase T-N



**Tabla No.1-G: Tabla de resultados experimentales del modelo real trifásico / R-S-T / carga trifásica desbalanceada RLC**

ÍTEM	VARIABLES	VALORES TEÓRICOS		OBSERVACIONES
		PRIMARIO	SECUNDARIO	
1	VRN	107.7V	211.2V	
2	VSN	112.7V	228.4V	
3	VTN	107.9V	211.2V	
4	VRS	193.8V	387.2V	
5	VST	194.4V	362.8V	
6	VTR	191V	375.1V	
7	IR	1.45A	0.70A	
8	IS	2.26A	1.15A	
9	IT	3.58A	1.76A	
10	IN	5.70A	2.86A	
11	P3Φ	315.3W	248.9W	
12	Q3Φ	122.7VAR	95.2VAR	
13	S3Φ	809.6VA	785.2VA	
14	P1	159.3W	147.9W	
15	P2	20.6W	2.5W	
16	P3	134.3W	97.8W	
17	Q1	8VAR	1.1VAR	
18	Q2	-254VAR	-264.2VAR	
19	Q3	369.4VAR	358.9VAR	
20	S1	159.5VA	148.1VA	
21	S2	255.2VA	263.2VA	
22	S3	393.9VA	371.5VA	
23	FP1	099 LAG	0.99LAG	
24	FP2	0.08LEAD	0.009LEAD	
25	FP3	0.34LAG	0.26LAG	
26	FPT	0.38LAG	0.31LAG	

**Tabla 71:** Valores experimentales del modelo real trifásico del sistema Y-Y

**Tabla No.1-H: Comparación de valores teóricos frente a los valores experimentales R-N**

ÍTEM	VARIABLES	VALOR TEÓRICO CALCULADO	VALOR EXPERIMENTAL	% ERROR	OBSERVACIONES
1	V1	108.65	107.7	0.82	
2	I1	1.45	1.45	0	
3	P1	157.58	159.3	1.25	
4	Q1	22.45	8	64.36	
5	S1	159.17	159.5	0.20	
6	FP1	0.99	0.99	0	
7	V2	211.2	211.2	0	
8	I2	0.70	0.70	0	
9	P2	147.84	147.9	0.06	
10	Q2	0	-254	100	
11	S2	147.84	148.1	0.20	
12	FP2	1	0.99	1	
13	I0	0.036	0.036	0	
14	Ih+0	0.026	0.026	0	
15	Im	0.026	0.026	0	
16	Pnúcleo	5.47	5.47	0	
17	Pmag núcleo	5.64	5.64	0	
18	Pcu	4.27	4.27	0	
19	Pcu1	2.26	2.26	0	
20	Pcu2	2.13	2.13	0	
21	Pmag cu	1.06	1.06	0	
22	Pmag cu1	0.57	0.57	0	
23	Pmag cu2	0.53	0.53	0	
24	Peléctricas (Total)	9.74	9.74	0	
25	Pmagnéticas (Total)	6.7	6.7	0	
26	%n	93.81	92.84	1.03	

**Tabla 72:** Comparación de valores teóricos - experimentales del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase R-N

**Tabla No.1-I: Comparación de valores teóricos frente a los valores experimentales S-N**

ÍTEM	VARIABLES	VALOR TEÓRICO CALCULADO	VALOR EXPERIMENTAL	% ERROR	OBSERVACIONES
1	V1	112.51	112.7	0.17	
2	I1	3.65	2.26	38.08	
3	P1	34.90	20.6	40.97	
4	Q1	413.55	-254	38.58	
5	S1	415.05	255.2	38.51	
6	FP1	0.085	0.08	0	
7	V2	228.4	228.4	0	
8	I2	1.85	1.15	37.83	
9	P2	0	2.5	100	
10	Q2	422.54	-264.2	37.47	
11	S2	422.54	263.2	37.71	
12	FP2	0	0.009	0	
13	I0	0.0387	0.0387	0	
14	Ih+0	0.0282	0.0282	0	
15	Im	0.0265	0.0265	0	
16	Pnúcleo	6.33	6.33	0	
17	Pmag núcleo	5.94	5.94	0	
18	Pcu	28.95	28.95	0	
19	Pcu1	14.01	14.01	0	
20	Pcu2	14.47	14.47	0	
21	Pmag cu	7.25	7.25	0	
22	Pmag cu1	3.62	3.62	0	
23	Pmag cu2	3.51	3.51	0	
24	Peléctricas (Total)	35.28	35.28	0	
25	Pmagnéticas (Total)	12.29	12.29	0	
26	%n	97.87	95.22	2.70	

**Tabla 73:** Comparación de valores teóricos - experimentales del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase S-N

**Tabla No.1-J: Comparación de valores teóricos frente a los valores experimentales T-N**

ÍTEM	VARIABLES	VALOR TEÓRICO CALCULADO	VALOR EXPERIMENTAL	% ERROR	OBSERVACIONES
1	V1	107.78	107.9	0.18	
2	I1	3.57	3.58	0.27	
3	P1	35.56	134.3	73.52	
4	Q1	384.88	369.4	4.02	
5	S1	386.52	393.9	1.87	
6	FP1	0.092	0.38	75.78	
7	V2	211.2	211.2	0	
8	I2	1.76	1.76	0	
9	P2	3.67	97.8	96.24	
10	Q2	371.69	358.9	3.44	
11	S2	371.71	371.5	0.05	
12	FP2	0.0099	0.31	96.8	
13	I0	0.036	0.036	0	
14	Ih+0	0.027	0.027	0	
15	Im	0.024	0.024	0	
16	Pnúcleo	5.81	5.81	0	
17	Pmag núcleo	5.04	5.04	0	
18	Pcu	26.08	26.08	0	
19	Pcu1	13.48	13.48	0	
20	Pcu2	13.04	13.04	0	
21	Pmag cu	6.53	6.53	0	
22	Pmag cu1	3.38	3.38	0	
23	Pmag cu2	3.26	3.26	0	
24	Peléctricas (Total)	31.89	31.89	0	
25	Pmagnéticas (Total)	11.57	11.57	0	
26	%n	96.57	72.82	24.59	

**Tabla 74:** Comparación de valores teóricos - experimentales del modelo real monofásico del sistema Y-Y / Fase T-N

**Tabla No.1-K: Comparación de valores teóricos Vs. valores experimentales totales**

ÍTEM	VARIABLES	VALOR TEÓRICO	VALOR EXPERIMENTAL	% ERROR	OBSERVACIONES
1	Vrs	188.18V	193.8V	2.89	
2	Vst	194.87V	194.4V	0.20	
3	Vtr	186.64V	191V	2.28	
4	Vrn	108.65V	107.7V	0.87	
5	Vsn	112.51V	112.7V	0.16	
6	Vtn	107.76V	107.9V	0.18	
7	VRS	376.37V	387.2V	2.79	
8	VST	389.74V	362.8V	6.9	
9	VTR	373.30V	375.1V	0.47	
10	VRN	217.30V	211.2V	2.80	
11	VSN	225.02V	228.4V	1.47	
12	VTN	215.53V	211.2V	2	
13	Ir	1.45A	1.45A	0	
14	Is	3.65A	2.26A	38.08	
15	It	3.55A	3.58A	0.83	
16	In	7.61A	5.70A	25.09	
17	IR	0.70A	0.70A	0	
18	IS	1.85A	1.15A	37.83	
19	IT	1.75A	1.76A	0.56	
20	IN	3.80A	2.86A	24.73	
21	P3Φ BT	228.04W	315.3W	27.67	
22	Q3Φ BT	-6.22VAR	122.7VAR	94.93	
23	S3Φ BT	228.12VA	809.6VA	71.82	
24	P3Φ AT	151.51W	248.9W	39.12	
25	Q3Φ AT	-50.85VAR	95.2VAR	46.75	
26	S3Φ AT	159.81VA	785.2VA	79.64	
27	FpTΦ BT	0.99	0.38	61.61	
28	FpTΦ AT	0.94	0.31	67	
29	Pér. Cu BT	29.75	29.75	0	
30	Pér. mag. Cu BT	7.57	7.57	0	
31	Pér. Cu AT	29.64	29.64	0	
32	Pér. mag. Cu AT	7.3	7.3	0	
33	Pér. núcleo	17.61	17.61	0	
34	Pér. mag. núcleo	15.72	15.72	0	
35	Pér. eléctricas	76.91	76.91	0	
36	Pér. magnéticas	33.78	33.78	0	
37	% n	66.44	78.94	15.83	

**Tabla 75:** Comparación de valores teóricos – experimentales totales del modelo real monofásico del sistema Y-Y

## ANÁLISIS DE FALLA

**TABLA No.2-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC CONECTADA EN “Y” A 220V**

ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “R”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	193.8	V (R-S)	387.2	V (r-s)	113.1	V (R-S)	228.5
V (s-t)	194.4	V (S-T)	362.8	V (s-t)	100.7	V (S-T)	362.7
V (t-r)	191	V (T-R)	375.1	V (t-r)	119.6	V (T-R)	210.6
V(r-n)	109.7	V(R-N)	211.2	V (r-n)	0	V (R-N)	0
V(s-n)	112.7	V(S-N)	228.4	V (s-n)	112.8	V (S-N)	228.2
V(t-n)	109.9	V(T-N)	211.2	V (t-n)	109.6	V (T-N)	210.5
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	1.45	IR	0.70	Ir	0	IR	0
Is	2.26	IS	1.15	Is	2.26	IS	1.15
It	3.58	IT	1.76	It	3.57	IT	1.75
In	5.70	IN	2.86	In	4.33	IN	2.19
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	315.3	PT	248.9	PT	154.5	PT	99.7
QT	122.7	QT	95.2	QT	112.9	QT	92.4
ST	809.6	ST	785.2	ST	648.4	ST	633.6
FpT	0.38 LAG	FpT	0.31 LAG	FpT	0.23 LAG	FpT	0.15 LAG

**Tabla 76:** Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase R en el lado primario con carga desbalanceada

## DIAGRAMAS FASORIALES Y DE ONDA SENOIDALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

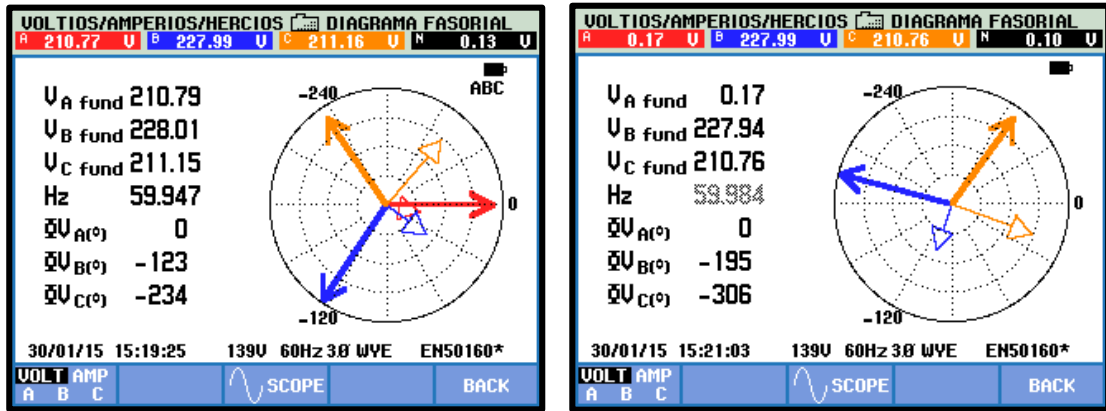


Figura 4.319: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en R en el primario

Fuente: Los autores

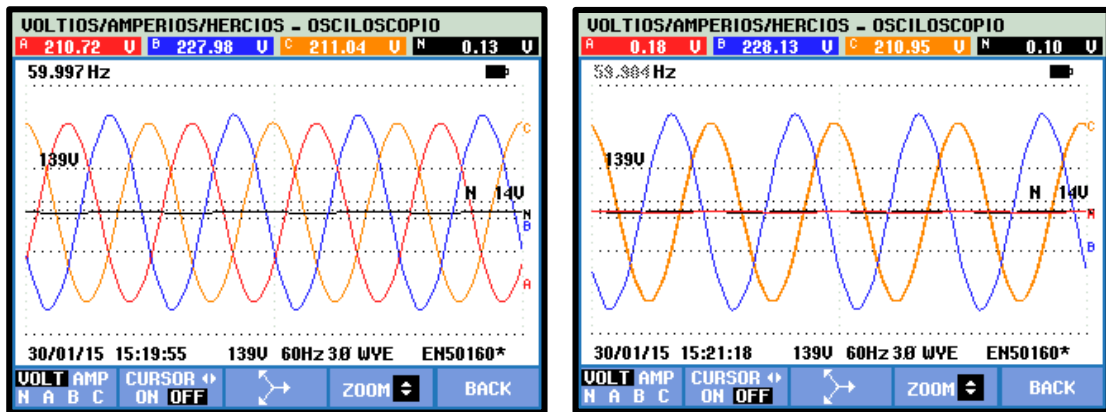


Figura 4.320: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en R en el primario

Fuente: Los autores

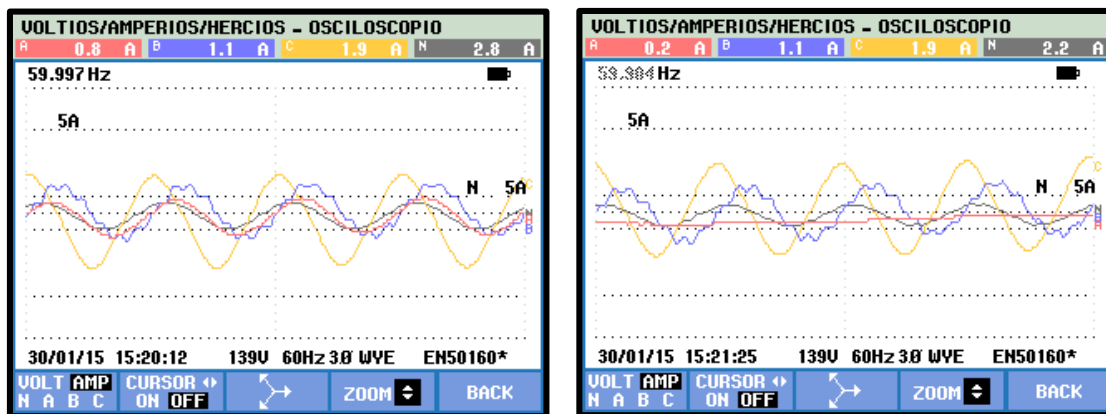


Figura 4.321: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en R en el primario

## ANÁLISIS DE FALLAS

**TABLA No.2-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC CONECTADA EN “Y” A 220V**

ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “S”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	193.8	V (R-S)	387.2	V (r-s)	109.9	V (R-S)	212.2
V (s-t)	194.4	V (S-T)	362.8	V (s-t)	109.9	V (S-T)	210.8
V (t-r)	191	V (T-R)	375.1	V (t-r)	191.5	V (T-R)	376.2
V(r-n)	109.7	V(R-N)	211.2	V (r-n)	110.4	V (R-N)	212.7
V(s-n)	112.7	V(S-N)	228.4	V (s-n)	0	V (S-N)	0
V(t-n)	109.9	V(T-N)	211.2	V (t-n)	109.9	V (T-N)	210.7
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	1.45	IR	0.70	Ir	1.46	IR	0.70
Is	2.26	IS	1.15	Is	0	IS	0
It	3.58	IT	1.76	It	3.55	IT	1.74
In	5.70	IN	2.86	In	4.58	IN	2.26
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	315.3	PT	248.9	PT	293.6	PT	247.1
QT	122.7	QT	95.2	QT	376.3	QT	357
ST	809.6	ST	785.2	ST	553.3	ST	518.8
FpT	0.38 LAG	FpT	0.31 LAG	FpT	0.53 LAG	FpT	0.47

**Tabla 77:** Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase S en el lado primario con carga desbalanceada



## DIAGRAMAS FASORIALES Y DE ONDA SENOIDALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

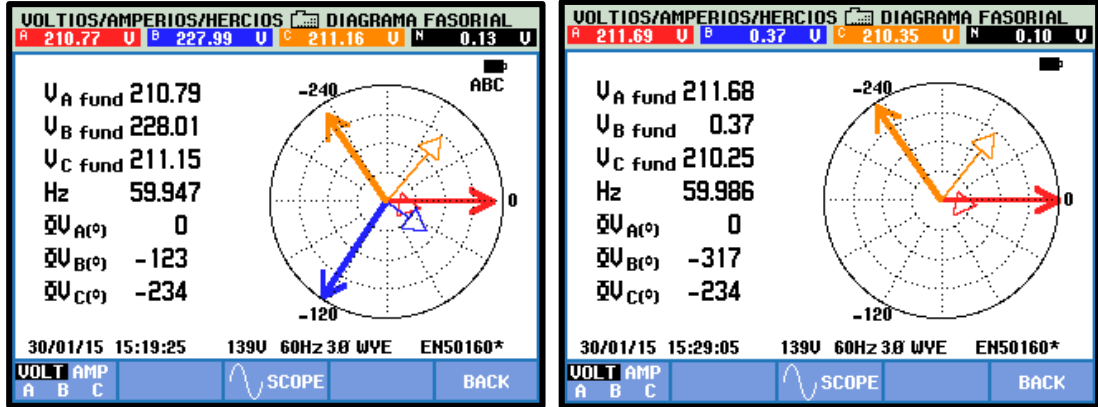


Figura 4.322: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en S en el primario

Fuente: Los autores

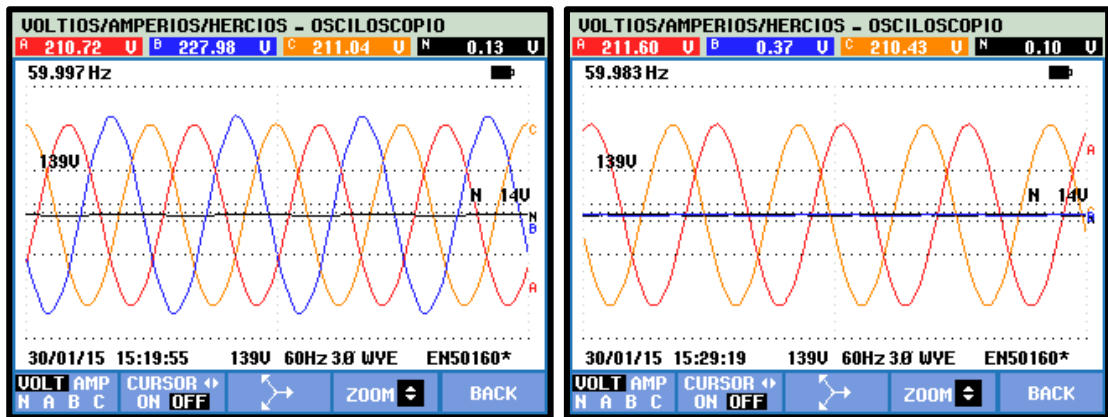


Figura 4.323: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en S en el primario

Fuente: Los autores

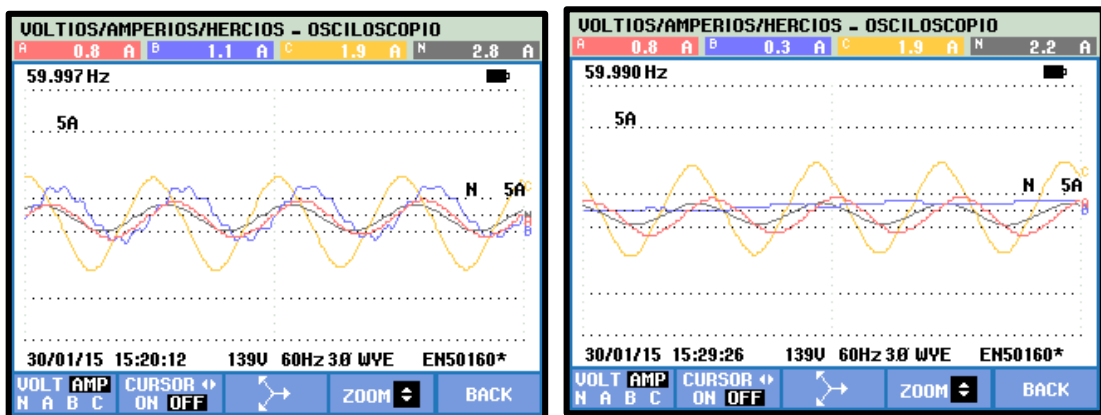


Figura 4.324: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en S en el primario

## ANÁLISIS DE FALLAS

TABLA No.2-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC CONECTADA EN “Y” A 220V							
ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “T”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	193.8	V (R-S)	387.2	V (r-s)	194.4	V (R-S)	388.3
V (s-t)	194.4	V (S-T)	362.8	V (s-t)	112.6	V (S-T)	227.8
V (t-r)	191	V (T-R)	375.1	V (t-r)	110.1	V (T-R)	212.5
V(r-n)	109.7	V(R-N)	211.2	V (r-n)	110.4	V (R-N)	212.5
V(s-n)	112.7	V(S-N)	228.4	V (s-n)	112.6	V (S-N)	227.6
V(t-n)	109.9	V(T-N)	211.2	V (t-n)	0	V (T-N)	0
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	1.45	IR	0.70	Ir	1.46	IR	0.71
Is	2.26	IS	1.15	Is	2.25	IS	1.15
It	3.58	IT	1.76	It	0	IT	0
In	5.70	IN	2.86	In	3.56	IN	1.78
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	315.3	PT	248.9	PT	182.5	PT	153.4
QT	122.7	QT	95.2	QT	-245.4	QT	-216.8
ST	809.6	ST	785.2	ST	416.4	ST	413.9
FpT	0.38 LAG	FpT	0.31 LAG	FpT	0.43 LAG	FpT	0.37 LAG

Tabla 78: Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase T en el lado primario con carga desbalanceada

## DIAGRAMAS FASORIALES Y DE ONDA SENOIDALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

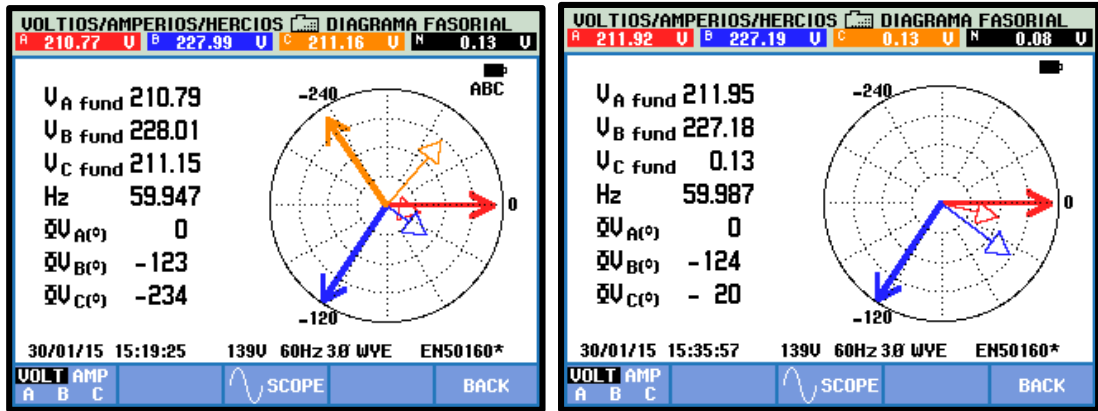


Figura 4.325: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en T en el primario

Fuente: Los autores

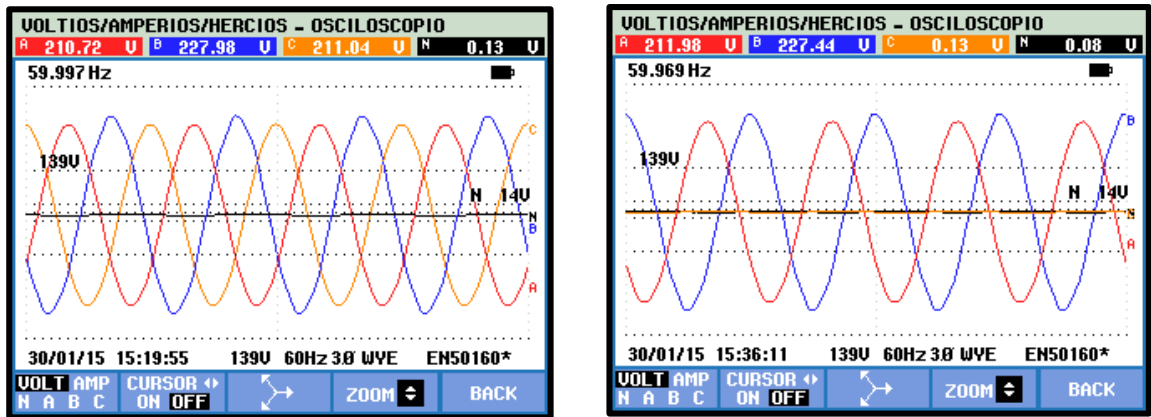


Figura 4.326: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en T en el primario

Fuente: Los autores

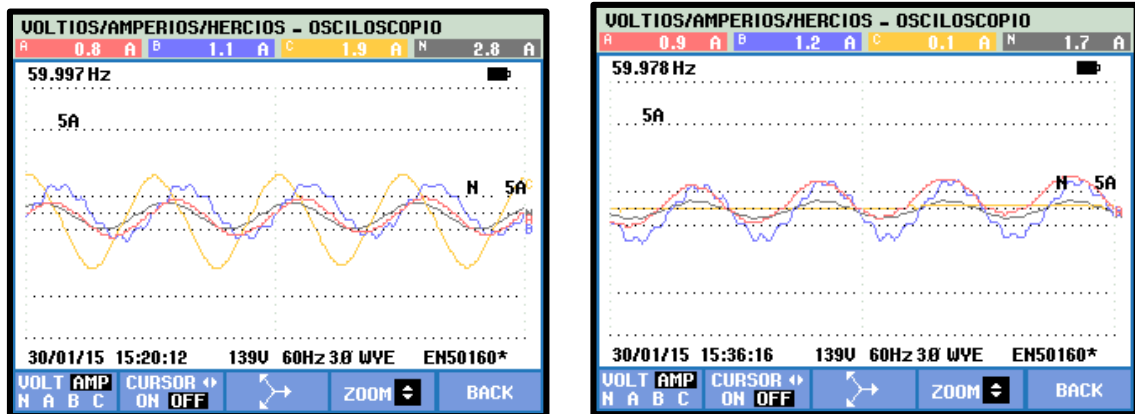


Figura 4.327: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en T en el primario

## ANÁLISIS DE FALLAS

**TABLA No.2-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL PRIMARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC CONECTADA EN “Y” A 220V**

ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DEL NEUTRO “N”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	193.8	V (R-S)	387.2	V (r-s)	195.7	V (R-S)	407.7
V (s-t)	194.4	V (S-T)	362.8	V (s-t)	191.2	V (S-T)	358.5
V (t-r)	191	V (T-R)	375.1	V (t-r)	190.2	V (T-R)	347.7
V(r-n)	109.7	V(R-N)	211.2	V (r-n)	134.5	V (R-N)	259.1
V(s-n)	112.7	V(S-N)	228.4	V (s-n)	282.1	V (S-N)	569.4
V(t-n)	109.9	V(T-N)	211.2	V (t-n)	163.7	V (T-N)	313.7
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	1.45	IR	0.70	Ir	1.78	IR	0.86
Is	2.26	IS	1.15	Is	4.02	IS	2.94
It	3.58	IT	1.76	It	5.35	IT	2.63
In	5.70	IN	2.86	In	0.02	IN	1.09
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	315.3	PT	248.9	PT	658.8	PT	461.1
QT	122.7	QT	95.2	QT	-293.7	QT	-872.8
ST	809.6	ST	785.2	ST	2.25KVA	ST	2.71KVA
FpT	0.38 LAG	FpT	0.31 LAG	FpT	0.29 LAG	FpT	0.16 LEAD

**Tabla 79:** Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en el neutro en el lado primario con carga desbalanceada

## DIAGRAMAS FASORIALES Y DE ONDA SENOIDALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

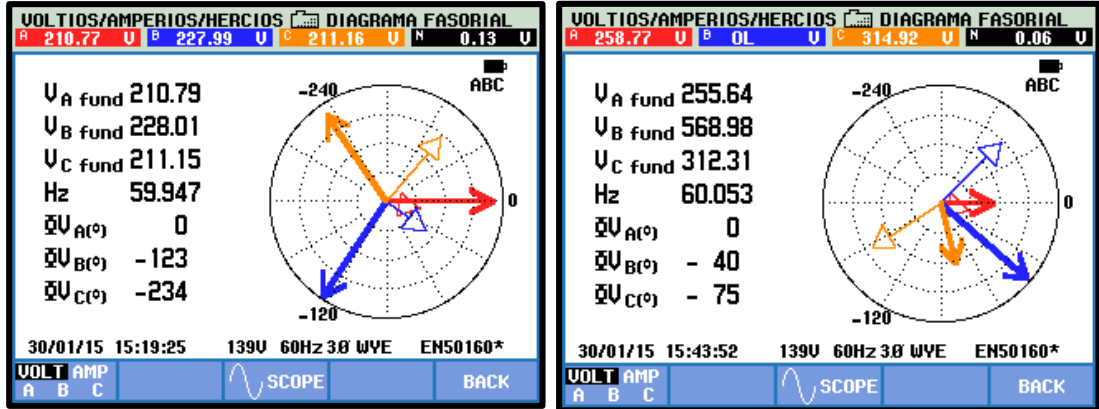


Figura 4.328: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla del neutro en el primario

Fuente: Los autores

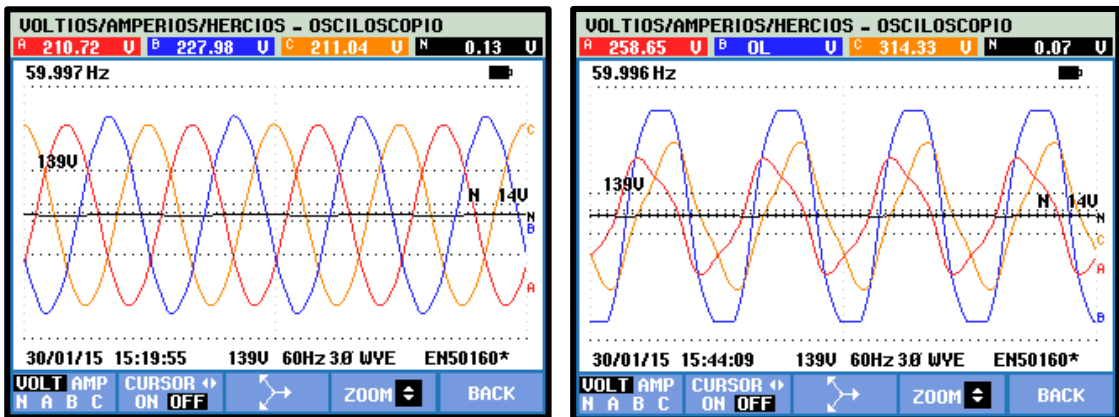


Figura 4.329: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla del neutro en el primario

Fuente: Los autores

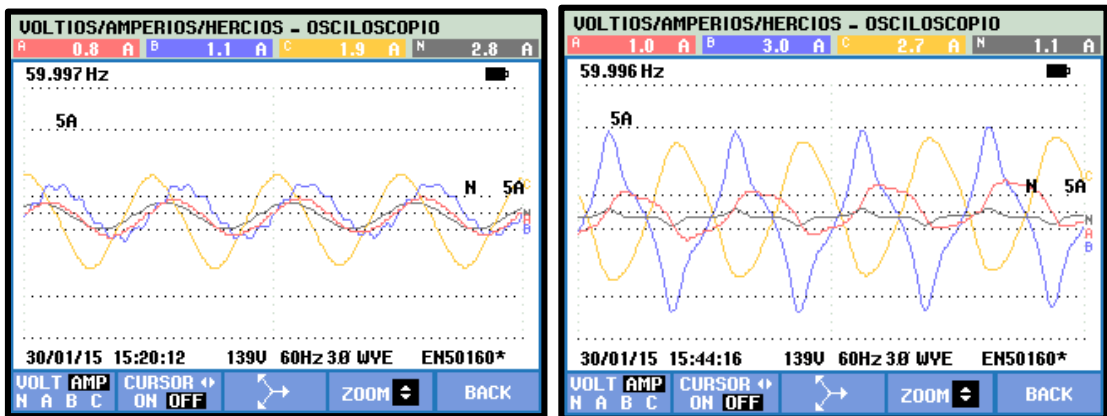


Figura 4.330: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla del neutro en el primario

## ANÁLISIS DE FALLAS

TABLA No.3-A: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “R” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC CONECTADA EN “Y” A 220V							
ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “R”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	193.8	V (R-S)	387.2	V (r-s)	196.1	V (R-S)	230.4
V (s-t)	194.4	V (S-T)	362.8	V (s-t)	192.5	V (S-T)	365.9
V (t-r)	191	V (T-R)	375.1	V (t-r)	193.4	V (T-R)	213.9
V(r-n)	109.7	V(R-N)	211.2	V (r-n)	111.6	V (R-N)	0
V(s-n)	112.7	V(S-N)	228.4	V (s-n)	113.6	V (S-N)	230
V(t-n)	109.9	V(T-N)	211.2	V (t-n)	110.9	V (T-N)	213
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	1.45	IR	0.70	Ir	0.07	IR	0
Is	2.26	IS	1.15	Is	2.27	IS	1.16
It	3.58	IT	1.76	It	3.58	IT	1.76
In	5.70	IN	2.86	In	4.38	IN	2.20
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	315.3	PT	248.9	PT	162.4	PT	100.8
QT	122.7	QT	95.2	QT	122.6	QT	95.9
ST	809.6	ST	785.2	ST	663.2	ST	642.1
FpT	0.38 LAG	FpT	0.31 LAG	FpT	0.24 LAG	FpT	0.15 LAG

**Tabla 80:** Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase R en el lado secundario con carga desbalanceada

## DIAGRAMAS FASORIALES Y DE ONDA SENOIDALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

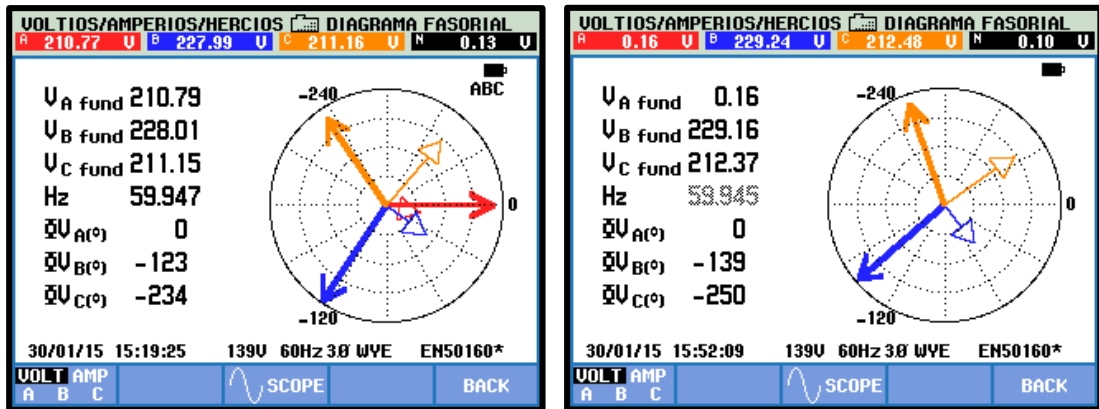


Figura 4.331: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en R en el secundario

Fuente: Los autores

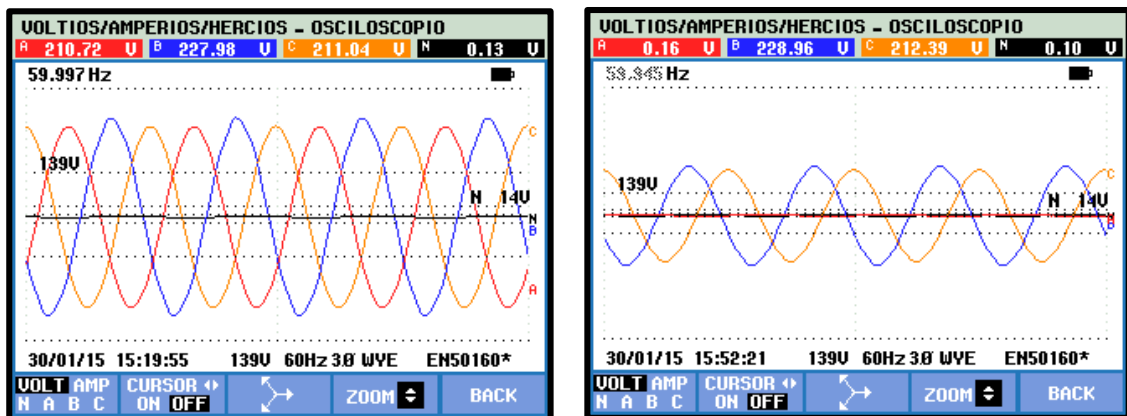


Figura 4.332: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en R en el secundario

Fuente: Los autores

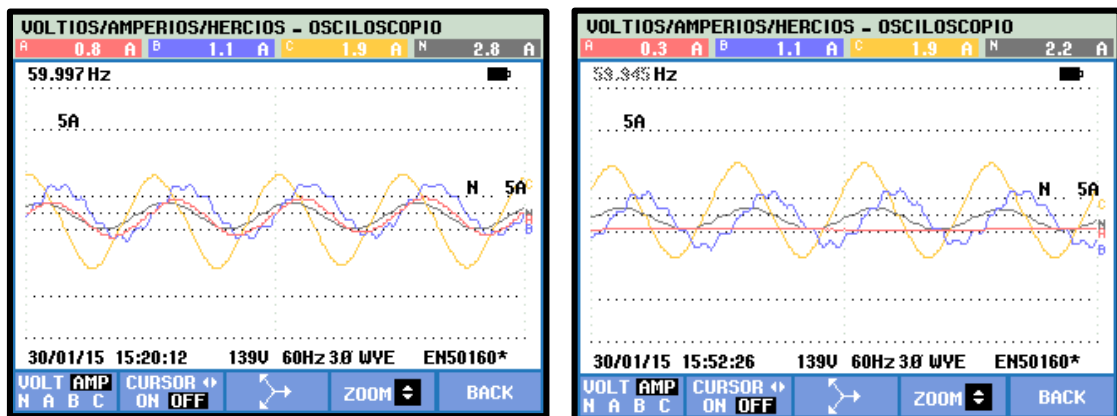


Figura 4.333: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en R en el secundario

## ANÁLISIS DE FALLAS

**TABLA No.3-B: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “S” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC CONECTADA EN “Y” A 220V**

ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “S”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	193.8	V (R-S)	387.2	V (r-s)	194.6	V (R-S)	253.7
V (s-t)	194.4	V (S-T)	362.8	V (s-t)	192.4	V (S-T)	252.6
V (t-r)	191	V (T-R)	375.1	V (t-r)	192.7	V (T-R)	378.8
V(r-n)	109.7	V(R-N)	211.2	V (r-n)	111.1	V (R-N)	213.6
V(s-n)	112.7	V(S-N)	228.4	V (s-n)	113.4	V (S-N)	137.7
V(t-n)	109.9	V(T-N)	211.2	V (t-n)	110.6	V (T-N)	212.2
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	1.45	IR	0.70	Ir	1.47	IR	0.71
Is	2.26	IS	1.15	Is	0.07	IS	0
It	3.58	IT	1.76	It	3.57	IT	1.75
In	5.70	IN	2.86	In	4.53	IN	2.27
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	315.3	PT	248.9	PT	305.1	PT	249.8
QT	122.7	QT	95.2	QT	386.3	QT	361.4
ST	809.6	ST	785.2	ST	568.4	ST	525.2
FpT	0.38 LAG	FpT	0.31 LAG	FpT	0.53 LAG	FpT	0.47 LAG

**Tabla 81:** Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase S en el lado secundario con carga desbalanceada



## DIAGRAMAS FASORIALES Y DE ONDA SENOIDALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

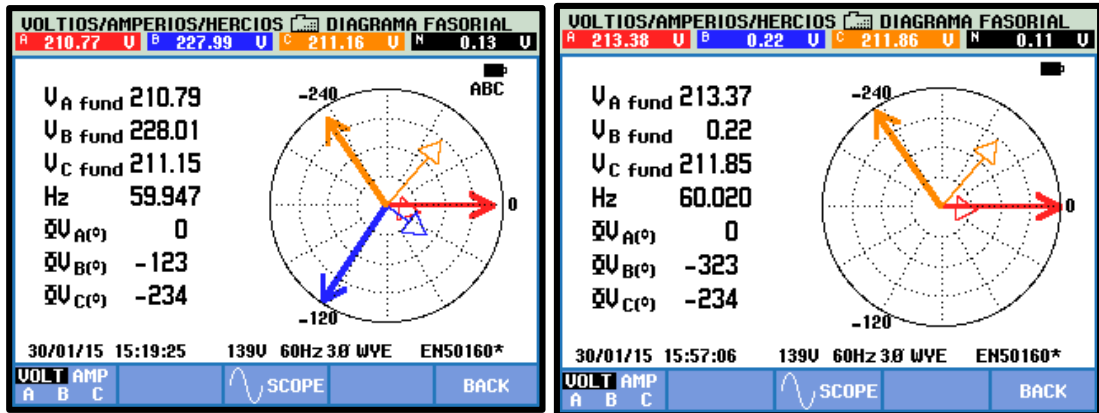


Figura 4.334: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en S en el secundario

Fuente: Los autores

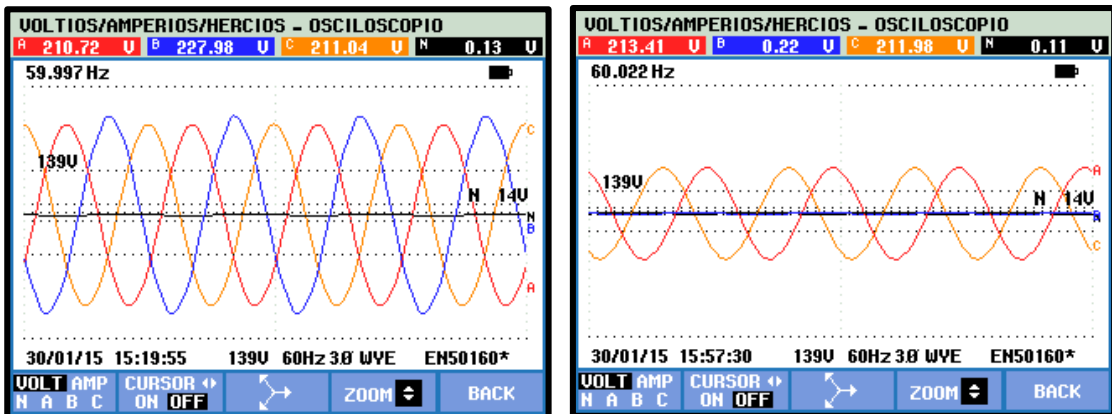


Figura 4.335: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en S en el secundario

Fuente: Los autores

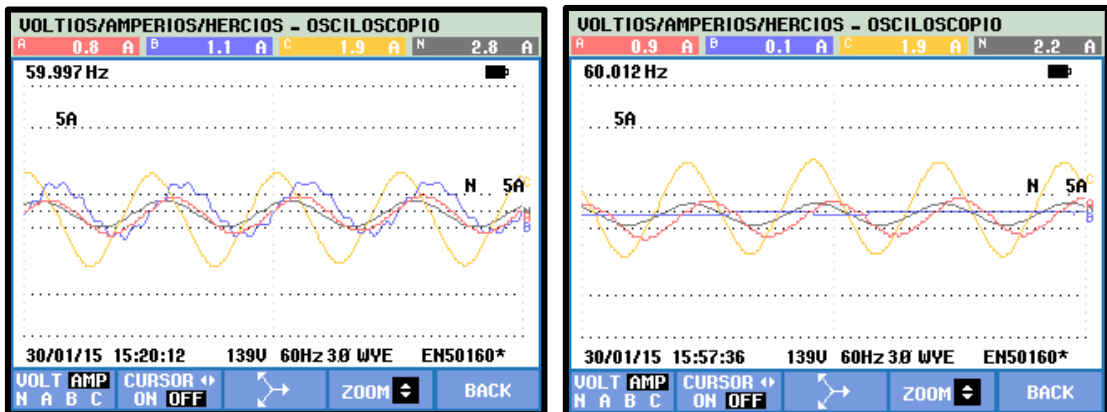


Figura 4.336: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en S en el secundario

## ANÁLISIS DE FALLA

**TABLA No.3-C: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DE FASE “T” EN EL SECUNDARIO DEL SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC CONECTADA EN “Y” A 220V**

ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “T”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	193.8	V (R-S)	387.2	V (r-s)	195.6	V (R-S)	390.1
V (s-t)	194.4	V (S-T)	362.8	V (s-t)	193.6	V (S-T)	228.7
V (t-r)	191	V (T-R)	375.1	V (t-r)	192.5	V (T-R)	213.4
V(r-n)	109.7	V(R-N)	211.2	V (r-n)	110.9	V (R-N)	213.3
V(s-n)	112.7	V(S-N)	228.4	V (s-n)	113.1	V (S-N)	228.9
V(t-n)	109.9	V(T-N)	211.2	V (t-n)	112.1	V (T-N)	0
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	1.45	IR	0.70	Ir	1.47	IR	0.71
Is	2.26	IS	1.15	Is	2.26	IS	1.15
It	3.58	IT	1.76	It	0.07	IT	0
In	5.70	IN	2.86	In	4.56	IN	1.79
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	315.3	PT	248.9	PT	190.9	PT	154.9
QT	122.7	QT	95.2	QT	-241.2	QT	-263.5
ST	809.6	ST	785.2	ST	427.9	ST	417.5
FpT	0.38 LAG	FpT	0.31 LAG	FpT	0.44 LEAD	FpT	0.37 LEAD

**Tabla 82:** Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en la fase T en el lado secundario con carga desbalanceada

## DIAGRAMAS FASORIALES Y DE ONDA SENOIDALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

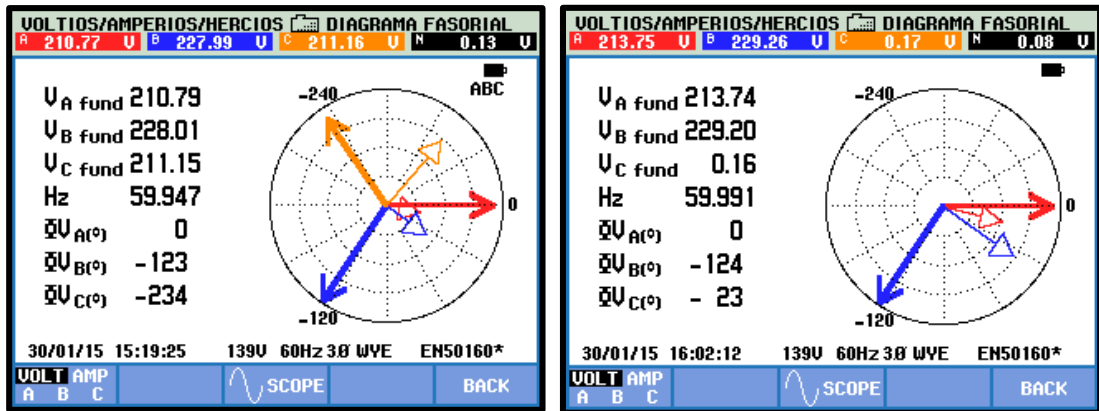


Figura 4.337: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla en T en el secundario

Fuente: Los autores

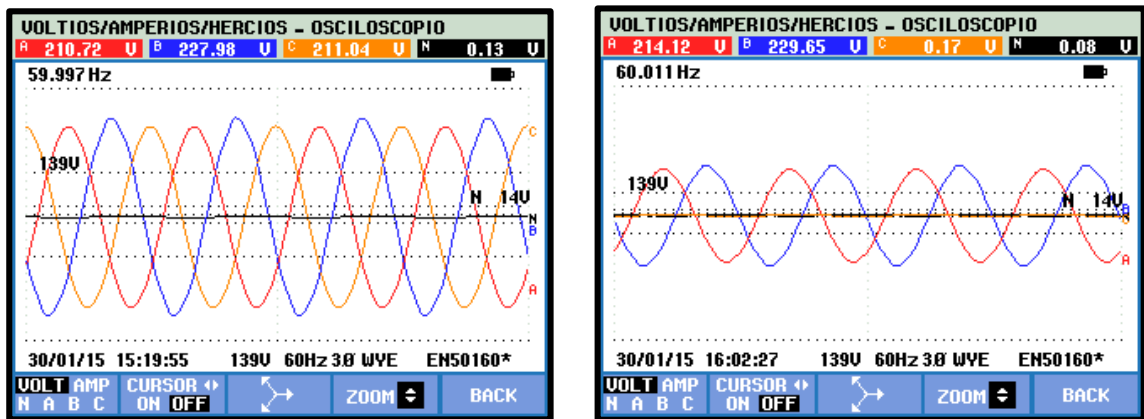


Figura 4.338: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla en T en el secundario

Fuente: Los autores

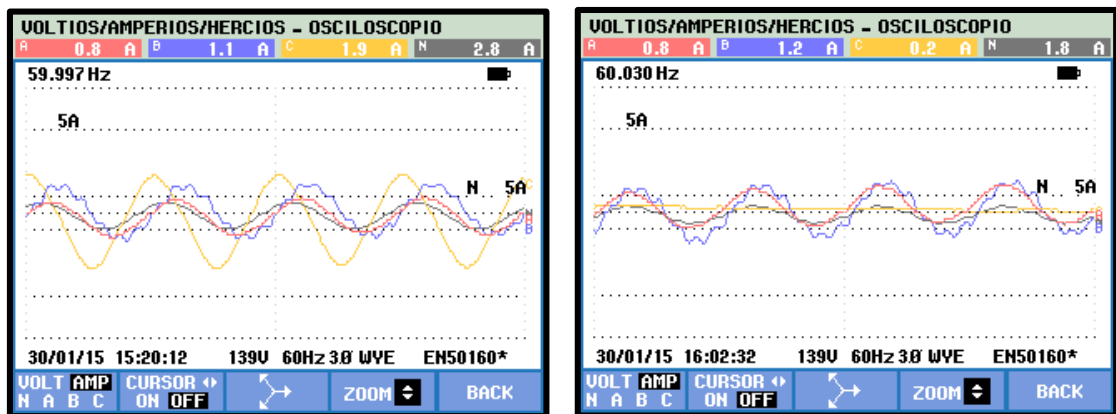


Figura 4.339: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla en T en el secundario

## ANÁLISIS DE FALLA

**TABLA No.3-D: SIMULACIÓN DE PÉRDIDA DEL NEUTRO EN EL SECUNDARIO SISTEMA Y-Y CON CARGA DESBALANCEADA RLC CONECTADA EN “Y” A 220V**

ANTES DE LA FALLA				DESPUÉS DE FALLA DE FASE “N”			
PRIMARIO		SECUNDARIO		PRIMARIO		SECUNDARIO	
VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]	VOLTAJES	[V]
V (r-s)	193.8	V (R-S)	387.2	V (r-s)	197.3	V (R-S)	413.2
V (s-t)	194.4	V (S-T)	362.8	V (s-t)	191.1	V (S-T)	339.6
V (t-r)	191	V (T-R)	375.1	V (t-r)	190.5	V (T-R)	339.3
V(r-n)	109.7	V(R-N)	211.2	V (r-n)	112.5	V (R-N)	264.3
V(s-n)	112.7	V(S-N)	228.4	V (s-n)	112.7	V (S-N)	635.8
V(t-n)	109.9	V(T-N)	211.2	V (t-n)	108.8	V (T-N)	416.7
CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]	CORRIENTES	[A]
Ir	1.45	IR	0.70	Ir	1.78	IR	0.88
Is	2.26	IS	1.15	Is	6.33	IS	3.19
It	3.58	IT	1.76	It	7.35	IT	3.65
In	5.70	IN	2.86	In	0.04	IN	0.01
POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS	[W][VAR][VA]	POTENCIAS TRIFÁSICA	[W][VAR][VA]
PT	315.3	PT	248.9	PT	939.2	PT	665.9
QT	122.7	QT	95.2	QT	-467.2	QT	-559.1
ST	809.6	ST	785.2	ST	1.71KVA	ST	3.79KVA
FpT	0.38 LAG	FpT	0.31 LAG	FpT	0.54 LEAD	FpT	0.16 LEAD

**Tabla 83:** Valores medidos del sistema Y-Y antes y después de la falla en el neutro en el lado secundario con carga desbalanceada

## DIAGRAMAS FASORIALES Y DE ONDA SENOIDALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

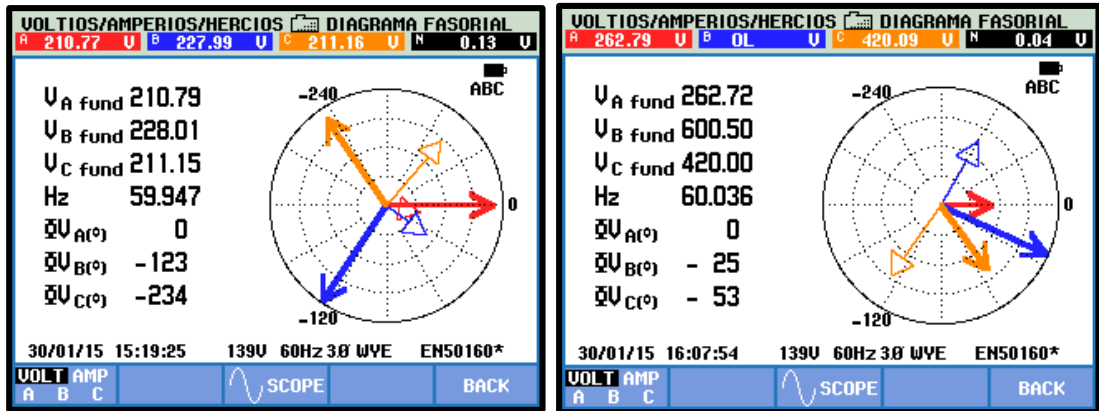


Figura 4.340: Comparación de diagramas fasoriales de voltaje antes y después de la falla del neutro en el secundario

Fuente: Los autores

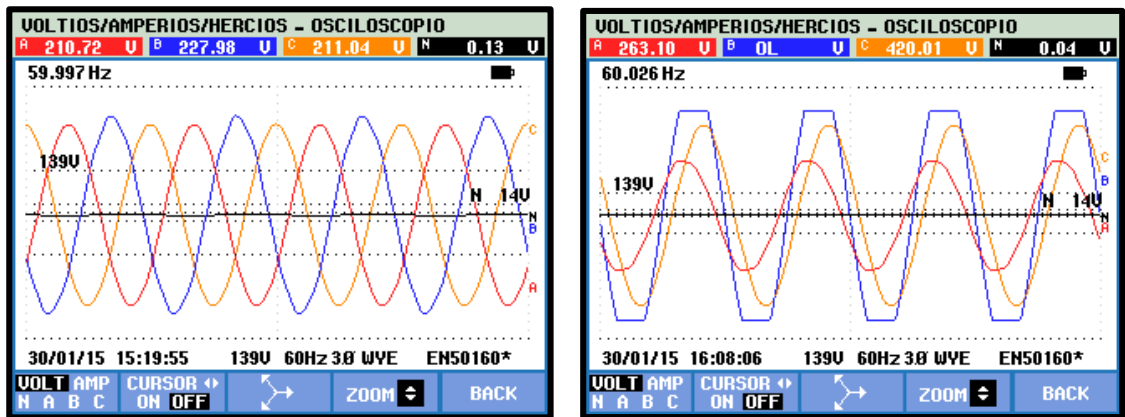


Figura 4.341: Comparación de diagramas de onda de voltaje antes y después de la falla del neutro en el secundario

Fuente: Los autores

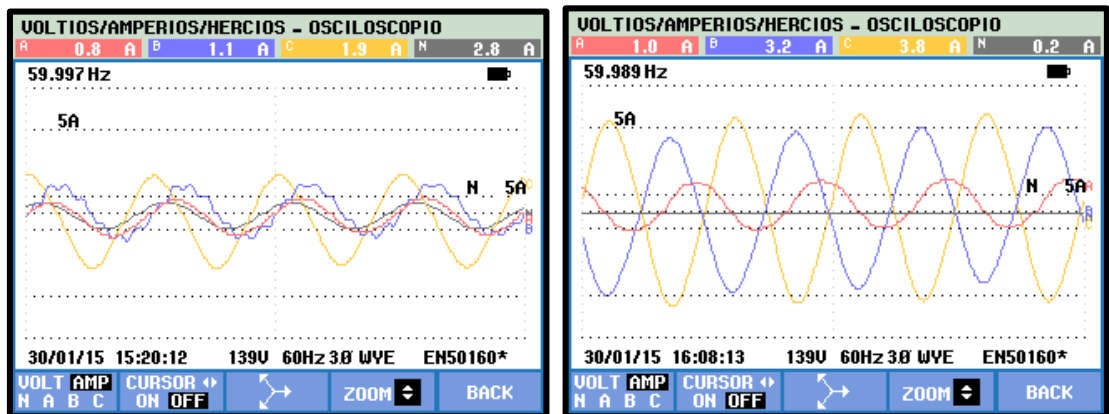


Figura 4.342: Comparación de diagramas de onda de corrientes antes y después de la falla del neutro en el secundario

### TABLA DE ARMÓNICOS

TABLA No 4: ANÁLISIS DE ARMÓNICOS DE VOLTAJES Y CORRIENTES EN CONEXIÓN ESTRELLA - ESTRELLA A VACÍO Y CON CARGA																		
NÚMERO DE ARMÓNICO	VR		VS		VT		VN		THD SC	IR		IS		IT		IN		THD SC
	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.		S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	1.45	100	100	100	100	100	100	100	100	41.4
2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		14.9	3.1	30.3	1.6	13.1	1.2	20.1	0.5	
3	0.1	0.1	0.6	0.6	0.5	0.5	1.7	1.2		10.2	2.1	70.1	2.0	11.5	2.4	21.8	0.6	
4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	1.9		5.4	1.4	13.9	0.7	5.8	0.5	12.1	0.3	
5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.3	0.2	0.8	2		2.6	0.9	12.9	3.4	3.2	0.7	9.6	1.6	
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2		3.0	1.0	9.8	0.5	2.7	0.3	6.5	0.2	
7	0.8	0.7	1.0	1.6	0.7	0.8	0.3	4.5	THD CC	2.6	0.9	8.4	11.8	2.1	0.2	6.0	4.6	THD CC
8	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.9		1.6	0.6	7.1	1.0	2.2	0.2	5.7	0.4	
9	0.5	0.5	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	1.8		1.6	0.7	6.0	2.7	4.3	0.2	4.6	1.1	
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	2.75	4.4	1.2	15.7	0.9	2.2	0.5	12.2	0.3	6.4
11	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.8		1.6	0.5	6.2	1.7	1.9	0.1	3.7	0.7	
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6		1.3	0.4	4.8	0.3	1.2	0.2	4.5	0.1	
13	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.9		1.2	0.4	4.8	1.5	1.1	0.2	3.3	0.6	
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5		1.2	0.3	4.2	0.3	1.0	0.1	3.2	0.1	
15	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.6		1.0	0.4	3.8	0.7	0.9	0.1	2.8	0.3	
THD [%]	1.3	1.0	1.5	1.9	1.0	1.0	2.0	7.1		20.7	4.6	87.2	13	20.9	2.9	36.8	5.1	

**Tabla 84:** Valores de armónicos medidos del sistema Y-Y a vacío y con carga desbalanceada en Y

# DIAGRAMA DE BARRAS DE ARMÓNICOS DEL SISTEMA A VACÍO OBTENIDO DEL OSCILOSCOPIO FLUKE

## ARMÓNICOS DE VOLTAJES

Fuente: Los autores

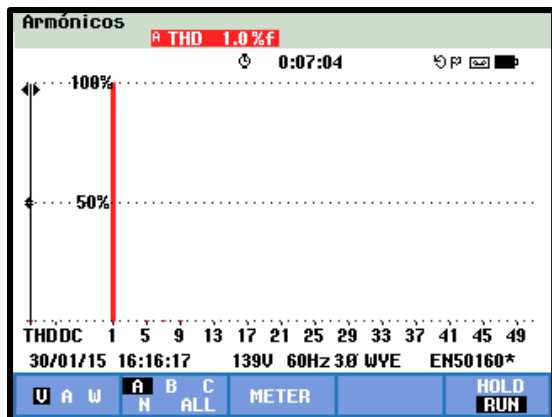


Figura 4.343: Armónico de voltaje de fase R a vacío

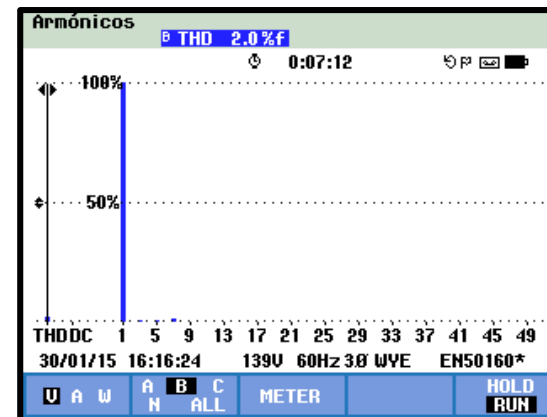


Figura 4.344: Armónico de voltaje de fase S a vacío

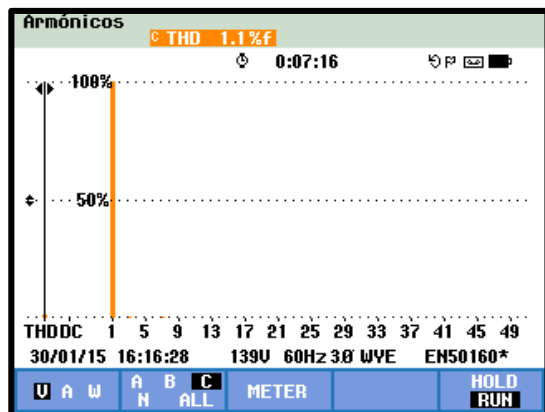


Figura 4.345: Armónico de voltaje de fase T a vacío

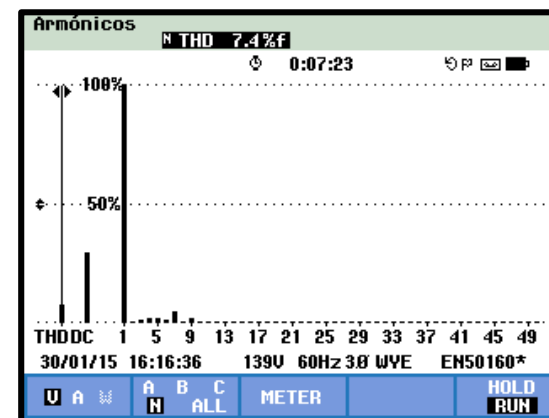


Figura 4.346: Armónico de voltaje del neutro a vacío

## ARMÓNICOS DE CORRIENTES

Fuente: Los autores

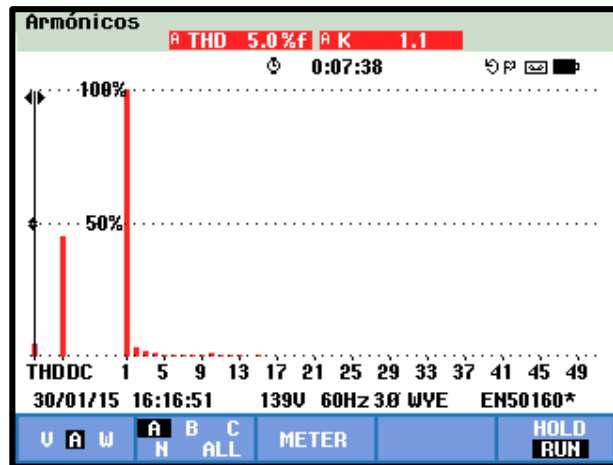


Figura 4.347: Armónico de corriente de fase R a vacío

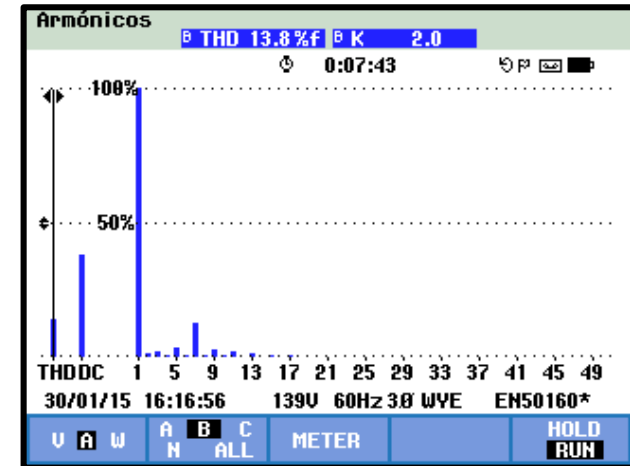


Figura 4.348: Armónico de corriente de fase S a vacío

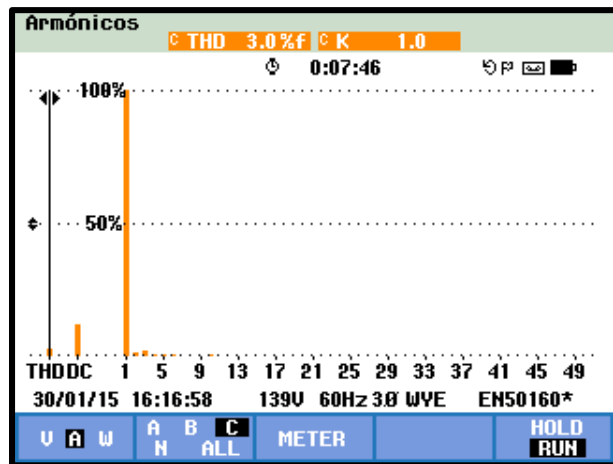


Figura 4.349: Armónico de corriente de fase T a vacío

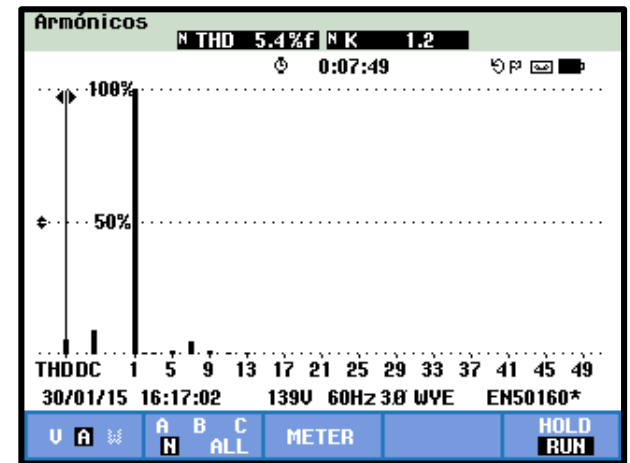


Figura 4.350: Armónico de corriente del neutro a vacío



## ARMÓNICOS DE TOTALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

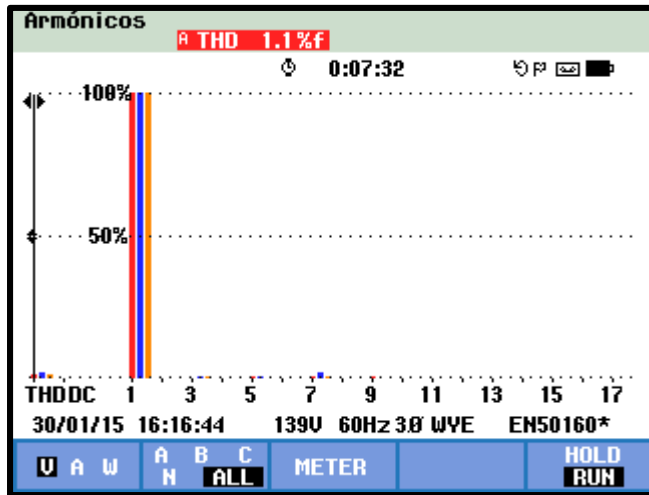


Figura 4.351: Armónico de voltajes totales a vacío

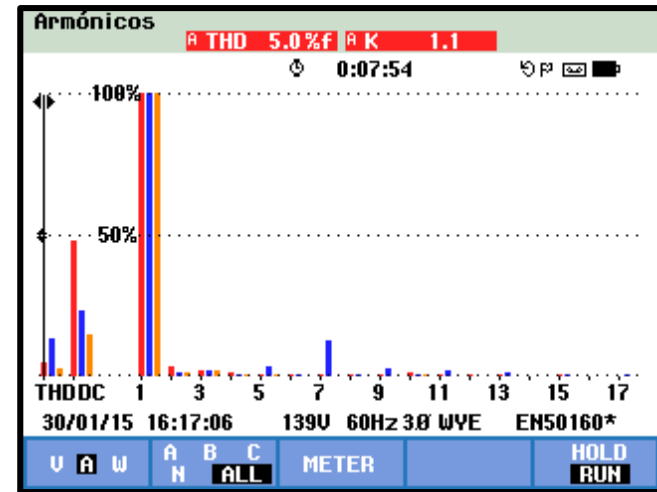


Figura 4.352: Armónico de corrientes totales a vacío

# DIAGRAMA DE BARRAS DE ARMÓNICOS DEL SISTEMA CON CARGA OBTENIDO DEL OSCILOSCOPIO FLUKE

## ARMÓNICOS DE VOLTAJE

Fuente: Los autores

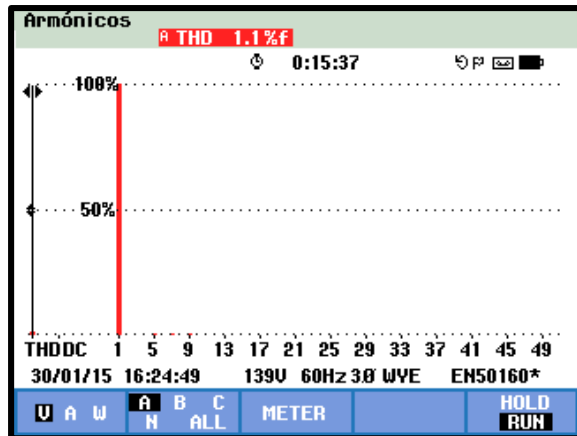


Figura 4.353: Armónico de voltaje de fase R con carga desbalanceada

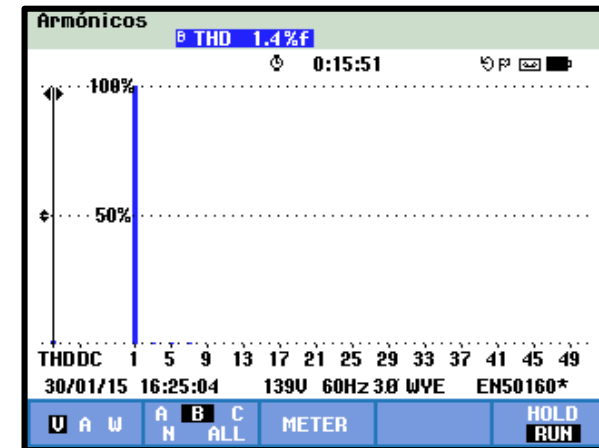


Figura 4.354: Armónico de voltaje de fase S con carga desbalanceada

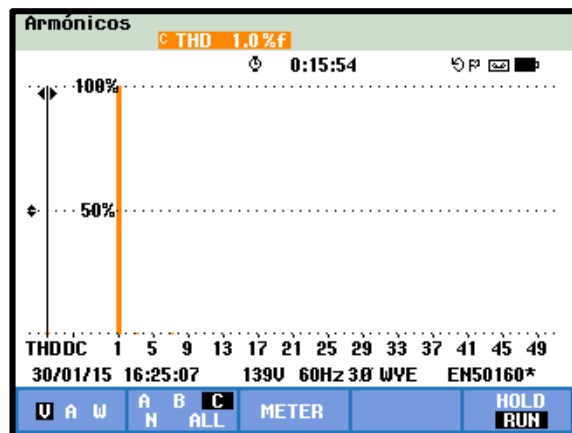


Figura 4.355: Armónico de voltaje de fase T con carga desbalanceada

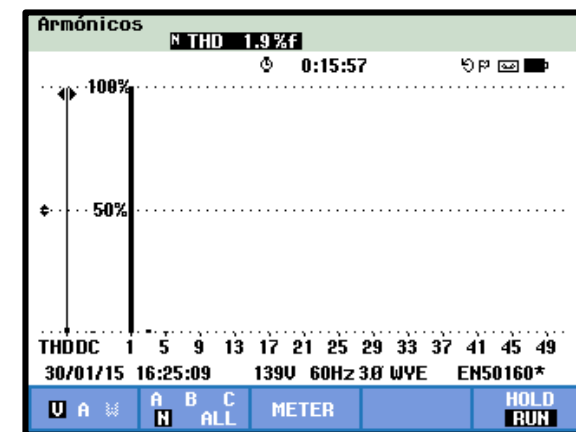


Figura 4.356: Armónico de voltaje del neutro con carga desbalanceada

## ARMÓNICOS DE CORRIENTES

Fuente: Los autores

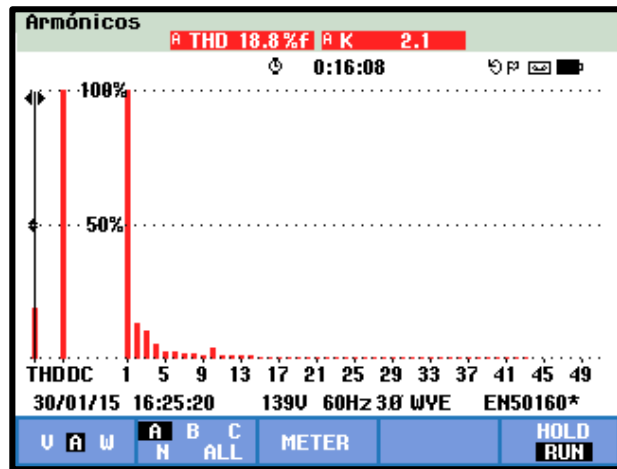


Figura 4.357: Armónico de corriente de fase R con carga desbalanceada

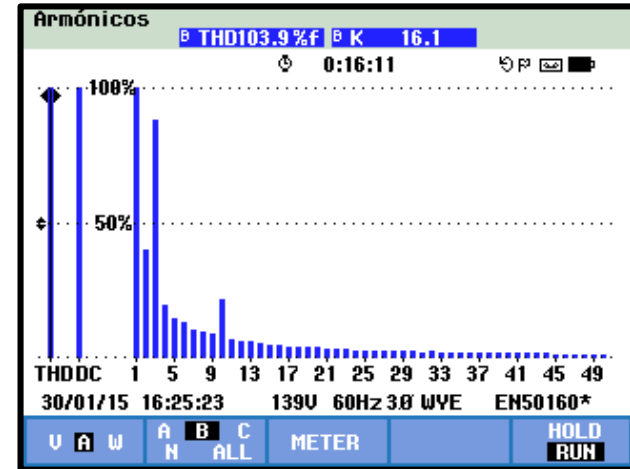


Figura 4.358: Armónico de corriente de fase S con carga desbalanceada

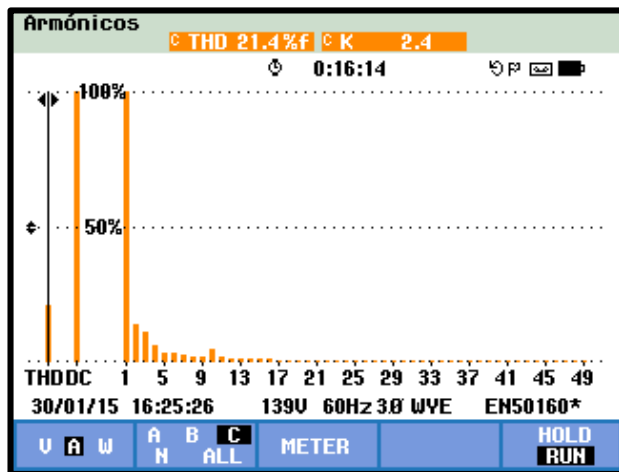


Figura 4.359: Armónico de corriente de fase T con carga desbalanceada

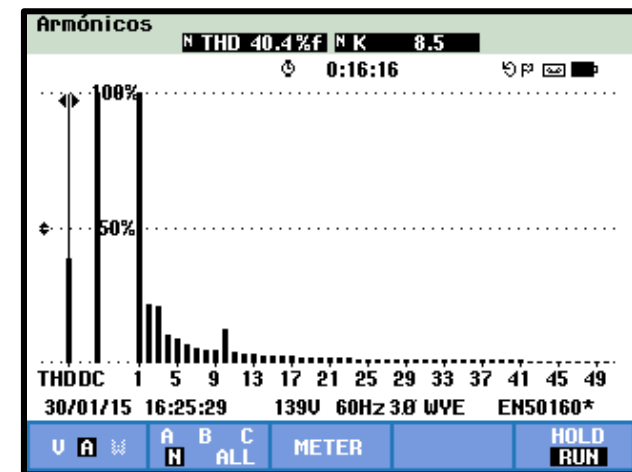


Figura 4.360: Armónico de corriente del neutro con carga desbalanceada

## ARMÓNICOS DE TOTALES DE VOLTAJES Y CORRIENTES

Fuente: Los autores

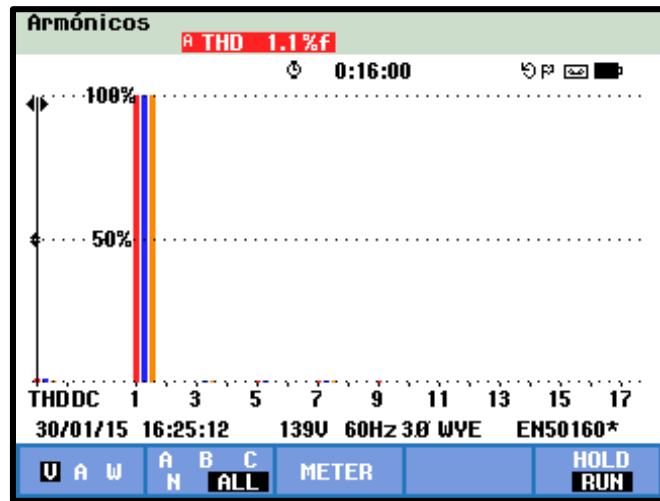


Figura 4.361: Armónico de voltajes totales con carga desbalanceada

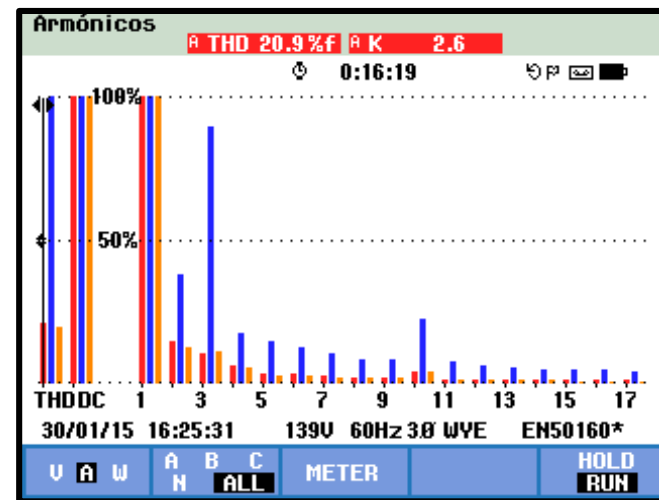


Figura 4.362: Armónico de corrientes totales con carga desbalanceada

## CONCLUSIONES:

En esta última práctica hemos tratado de realizar un análisis completo compilando en una sola práctica todas las anteriores.

Este análisis que se ha realizado se lo ha hecho tomando en consideración una carga RLC conectada en estrella, concluyendo los siguientes puntos:

- Se realizó el modelo real por fase del sistema con carga desbalanceada RLC conectada en estrella.
- Se realizó el modelo real trifásico del sistema con carga desbalanceada RLC conectada en estrella.
- Con los resultados obtenidos de los cálculos realizados al transformador se obtuvo el porcentaje de error con respecto a los valores reales obtenidos de la medición.
- Se simuló fallas en las líneas del lado primario del sistema dando como resultado un desbalance de los voltajes de línea a línea y provocando también la pérdida de un voltaje de fase tanto en baja tensión como en alta tensión.
- La corriente de línea de la fase afectada se redujo a 0A, mientras que las corrientes de línea de las otras dos fases no se vieron afectadas en su magnitud esto se produce tanto en el primario como en el secundario.
- Al provocar una falla en una línea del sistema pero ahora en el lado secundario, el sistema se comporta de manera similar al sistema con una fase fallida en el primario.
- Los problemas más graves del sistema se producen cuando es el neutro el que sufre una falla en especial cuando la falla se produce en lado secundario, debido a que la carga con la que se cuenta es netamente desbalanceada y además se encuentra conectada en estrella resulta indispensable la firmeza de la conexión del neutro. Como se observa en las tablas de registro de resultado de las pruebas realizadas, los voltajes de fase se elevaron hasta tres veces su voltaje nominal lo que en casos reales provocaría daños irreparables a los equipos conectados al sistema.
- De igual manera las corrientes pueden elevarse hasta dos y tres veces la intensidad nominal de la línea afectando severamente todo el sistema de transformación.
- En casos reales los sistemas estrella – estrella alimentan comúnmente a cargas desbalanceadas haciendo del neutro el principal punto de inspección por parte de

los técnicos e ingenieros de mantenimiento, justamente por los graves problemas que este provocaría si este no estuviera sólidamente conectado.

- El porcentaje de distorsión armónica total (THD) de voltaje sin la carga conectada resultó de un 1.45%, valor que se encuentra enmarcado dentro de los límites permitidos bajos las normas de la resolución 004/01 emitida por el CONELEC.
- El porcentaje de distorsión armónica total (THD) de voltaje con carga resultó de un 2.75%, valor que se encuentra enmarcado dentro de los límites permitidos bajos las normas de la resolución 004/01 emitida por el CONELEC.
- El porcentaje de distorsión armónica total (THD) de corriente sin carga resultó de un 41.4%, valor que se encuentra fuera de los límites permitidos por las normas de la IEEE – Standard 519-1992 que indica el porcentaje máximo del 20%.
- El porcentaje de distorsión armónica total (THD) de corriente con carga resultó de un 6.4%, valor que se encuentra enmarcado dentro de los límites de las normas de la IEEE – Standard 519-1992 que indica el porcentaje máximo del 20%.
- La principal fuente de armónicos de corriente del sistema se debe a la no linealidad del núcleo de los tres transformadores del banco que al excitarse provocan el pico más alto de distorsión de la onda.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

#### 5.1. Conclusiones finales

Luego de haber concluido el trabajo, realizando un análisis completo de toda la estructura de la tesis podemos rescatar los puntos más relevantes de la misma.

Para nuestro análisis del sistema de transformación Y-Y se tuvo que diseñar, construir e implementar un tablero de pruebas que sirva como instrumento para nuestro estudio puesto que en el laboratorio de transformadores no contamos con este tipo de herramienta que proporcione la ayuda necesaria dicho propósito.

Este tablero se divide en varias áreas portando cada una de ellas equipos que en conjunto servirán para convertirse en un tablero de pruebas para transformadores.

Para enseñanza didáctica se desarrollaron 10 prácticas las mismas que contienen pruebas experimentales y teóricas que ilustrarán al estudiante en su aprendizaje sobre la temática de transformadores como las que podemos citar a continuación.

Pruebas básicas a los transformadores monofásicos del banco.

Simulación de fallas en el lado de baja tensión.

Simulación de fallas en el lado de alta tensión.

Análisis de armónicos a vacío.

Análisis de armónicos con carga.

Casos reales con sistemas de derivación de TAP.

Cabe mencionar que en nuestra práctica 10 se realizó una compilación de todas las prácticas realizadas del uno al nueve donde se pudo analizar una cantidad de fenómenos que se presentaron en la misma.

Además como precaución y prevención de todo este tablero de pruebas se diseñó una guía que sirva para el funcionamiento adecuado del banco de transformadores.

## **5.2. Recomendaciones**

Una vez que se concluyó definitivamente con todo este estudio de ingeniería el docente, deberá obligar al estudiante a interesarse y sacarle el máximo provecho posible al aprendizaje en este tema con esta útil herramienta que ayudará al fácil entendimiento de su contenido.

Así mismo el docente tendrá la obligación de indicarle al estudiante el uso del manual antes de la energización del tablero de pruebas.

Para conservar este brillante tablero de pruebas, el docente debe contar con la participación de los estudiantes para realizar un mantenimiento preventivo del mismo basado en los protocolos establecidos.

Cabe recalcar que el uso de este tablero de pruebas no puede realizarlo el estudiante por sí solo, debe contar con la supervisión del docente a cargo de la materia.

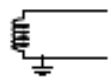

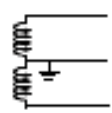
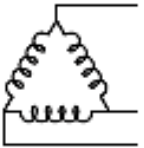
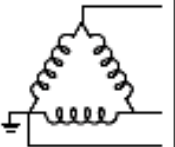
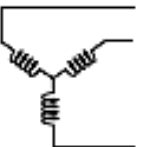
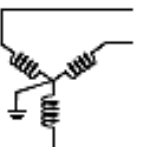
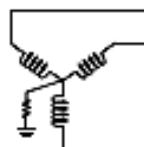

Además antes del uso de este tablero de pruebas, el estudiante tendrá la obligación de familiarizarse con cada uno de los elementos que conforman mismo.

Y por último el estudiante debe tener los conceptos básicos claros sobre el tema de transformadores y cada uno de los componentes del banco.

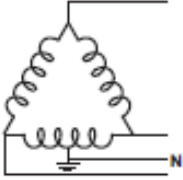
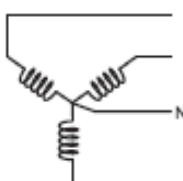
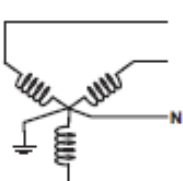
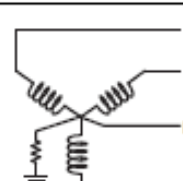


## ANEXOS

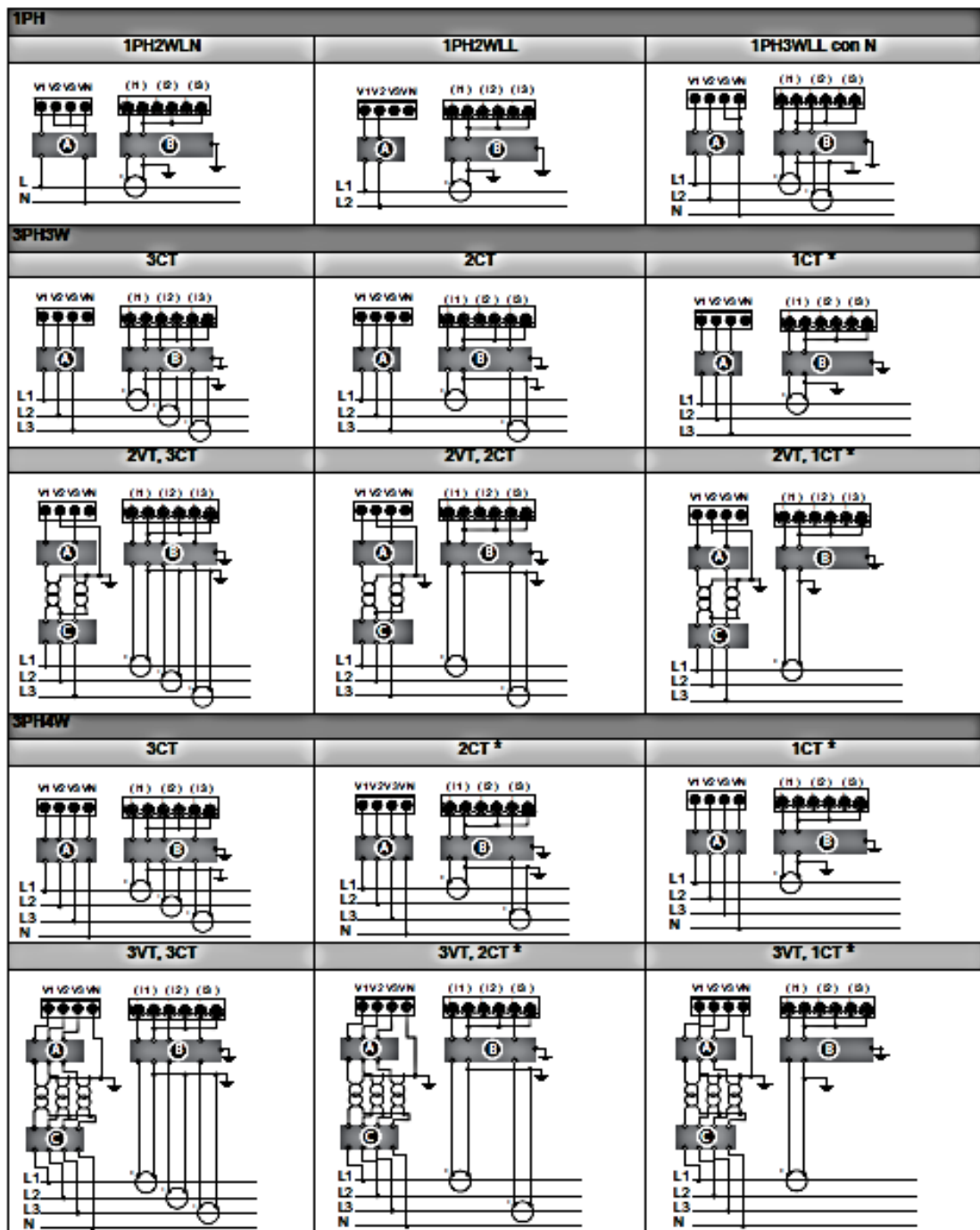
### A1. Parámetros de configuración del sistema de alimentación

Descripción del sistema de alimentación — Configuración de la central de medida	Símbolo	Conexión directa máxima		N.º de TT (si fueran necesarios)
		UL	IEC	
Monofásico de 2 hilos fase a neutro — 1F2H LN		347 V L-N	400 V L-N	1 TT
Monofásico de 2 hilos fase a fase — 1F2H LL		600 V L-L	600 V L-L	1 TT
Monofásico de 3 hilos fase a fase con neutro — 1F3H LL con N		347 V L-N / 600 V L-L	400 V L-N / 690 V L-L	2 TT
En triángulo trifásico de 3 hilos sin toma de tierra — 3F3H triáng sin tierra		600 V L-L	600 V L-L	2 TT
En triángulo trifásico de 3 hilos con toma de tierra — 3F3H triáng toma tierra		600 V L-L	600 V L-L	2 TT
En estrella trifásico de 3 hilos sin toma de tierra — 3F3H estrella sin tierra		600 V L-L	600 V L-L	2 TT
En estrella trifásico de 3 hilos con toma de tierra — 3F3H estrella con tierra		600 V L-L	600 V L-L	2 TT
En estrella trifásico de 3 hilos con resistencia a tierra — 3F3H estrell resist tierra		600 V L-L	600 V L-L	2 TT
En triángulo abierto trifásico de 4 hilos con derivación central — 3F4H triá abler deriv ctr		240 V L-N / 415 V L-N / 480 V L-L	240 V L-N / 415 V L-N / 480 V L-L	3 TT

## A2. Parámetros de configuración del sistema de alimentación (Continuación)

Descripción del sistema de alimentación — Configuración de la central de medida	Símbolo	Conexión directa máxima		N.º de TT (si fueran necesarios)
		UL	IEC	
En triángulo trifásico de 4 hilos con derivación central — 3F4H triáng deriv ctral		240 V L-N / 415 V L-N / 480 V L-L	240 V L-N / 415 V L-N / 480 V L-L	3 TT
En estrella trifásico de 4 hilos sin toma de tierra — 3F4H estrella sin tierra		347 V L-N / 600 V L-L	347 V L-N / 600 V L-L	3 TT o 2 TT
En estrella trifásico de 4 hilos con toma de tierra — 3F4H estrella con tierra		347 V L-N / 600 V L-L	400 V L-N / 690 V L-L	3 TT o 2 TT
En estrella trifásico de 4 hilos con resistencia a tierra — 3F4H estrell resist tierr		347 V L-N / 600 V L-L	347 V L-N / 600 V L-L	3 TT o 2 TT

### A3. Diagramas de cableado de la central de medida



#### A4. Parámetros de configuración básica

Parámetro	Valores	Descripción
Sistema alimentación	Seleccione el tipo de sistema de alimentación (transformador de alimentación) al que se encuentra cableada la central de medida.	
	1F2H LN	Monofásico de 2 hilos fase a neutro
	1F2H LL	Monofásico de 2 hilos fase a fase
	1F3H LL con N	Monofásico de 3 hilos fase a fase con neutro
	3F3H triáng sin tierra	En triángulo trifásico de 3 hilos sin toma de tierra
	3F3H triáng toma tierra	En triángulo trifásico de 3 hilos con toma de tierra
	3F3H estrella sin tierra	En estrella trifásico de 3 hilos sin toma de tierra
	3F3H estrella con tierra	En estrella trifásico de 3 hilos con toma de tierra
	3F3H estrell resist tierra	En estrella trifásico de 3 hilos con resistencia a tierra
	3F4H triáng abier deriv ctr	En triángulo abierto trifásico de 4 hilos con derivación central
	3F4H triáng deriv ctral	En triángulo trifásico de 4 hilos con derivación central
	3F4H estrella sin tierra	En estrella trifásico de 4 hilos sin toma de tierra
	3F4H estrella con tierra	En estrella trifásico de 4 hilos con toma de tierra
	3F4H estrell resist tierra	En estrella trifásico de 4 hilos con resistencia a tierra
Conexiones de TT	Seleccione el número de transformadores de tensión (TT) que se conectan al sistema de alimentación eléctrica.	
	Conexión directa	Conexión directa; no se utilizan TT.
	2TT	2 transformadores de tensión
	3TT	3 transformadores de tensión
Primario TT (V)	De 1 a 1000000	Especifique la capacidad del primario del TT en voltios.
Secundario TT (V)	100, 110, 115, 120	Seleccione la capacidad del secundario del TT en voltios.

Parámetro	Valores	Descripción
TI en terminal	Defina cuántos transformadores de intensidad (TI) se conectan a la central de medida y a qué terminales se conectan.	
	I1	1 TI conectado al terminal I1
	I2	1 TI conectado al terminal I2
	I3	1 TI conectado al terminal I3
	I1 I2	2 TI conectados a los terminales I1 e I2
	I1 I3	2 TI conectados a los terminales I1 e I3
	I2 I3	2 TI conectados a los terminales I2 e I3
	I1 I2 I3	3 TI conectados a los terminales I1, I2 e I3
Primario de TI (A)	De 1 a 32767	Especifique la capacidad del primario del TI en amperios.
Secundario de TI (A)	1, 5	Seleccione la capacidad del secundario del TI en amperios.
Frecuencia sist. (Hz)	50, 60	Seleccione la frecuencia del sistema de alimentación eléctrica en hercios.
Rotación de fases	123, 321	Seleccione la rotación de fases del sistema trifásico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, C. K., & Matthew N. O. Sadiku. (2006). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (3 ed.). Mc Graw-Hill Interamericana.
- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas eléctricas* (5 ed.). Mc Graw Hill.
- Córdova, D. G. (2009). Manual de Procedimientos para pruebas a transformadores de distribución. México.
- Fitzgerald, A. E., Kingsley, Jr, C., & Umans, S. D. (2004). *Máquinas eléctricas* (6 ed.). McGraw-Hill.
- García, S. A. (s.f.). <http://www.cpraviles.com/>. Obtenido de [http://www.cpraviles.com/fpblog/ELE/ELECTROTECNIA\\_TRANSFORMADORES.pdf](http://www.cpraviles.com/fpblog/ELE/ELECTROTECNIA_TRANSFORMADORES.pdf)
- General Electric. (s.f.). Manual de transformadores de Distribución.
- Grainger, J. J., & Stevenson, W. (1996). *Análisis de Sistemas de Potencia* (3 ed.). USA: Mc Graw Hill.
- IEEE (1992). IEEE 519-1992. (1992). Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.
- Nilsson, J. W., & Susan A. Riedel. (2005). *Circuitos Eléctricos* (7 ed.). Madrid, España: Perason Prentice Hall.
- Paguay, C. P. (febrero de 2015). <http://dspace.ups.edu.ec/>. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7765>
- RAS, E. (1991). *Transformadores de potencia, medida y protección* (7 ed.). Marcombo.
- Regulación No. Conelec -004/01. (2001). Calidad de servicio eléctrico de distribución.
- SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).
- Wagemakers, A., & Francisco J. Escribano. (2013). *Introducción a la teoría de circuitos y máquinas eléctricas*.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia* (6 ed.). Pearson Prentice Hall.