

Índice

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	XIII
ÍNDICE TABLAS.....	XVII
ÍNDICE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE GRÁFICAS.....	XXIV

1 Presentación	1
1.1 Introducción	1
1.2 Diagnóstico de fallos de redes de transporte de energía eléctrica. Descripción general	3
1.3 Diagnóstico de fallos de redes de transporte de energía eléctrica. Objetivos fundamentales	5
1.4 Estado del arte.....	6
1.5 Objetivos de la Tesis	9
1.6 Estructura de la tesis	10
2 Análisis comparativo de diferentes estructuras neuronales en el diagnóstico de fallos de redes de transporte de energía eléctrica.....	12
2.1 Introducción	12
2.2 Red eléctrica para efectos de análisis	14
2.3 Redes neuronales artificiales en el diagnóstico de fallos de redes de transporte de energía eléctrica.....	16
2.3.1 Red neuronal perceptron	20
2.3.2 Red neuronal radial basic function (RBF)	22
2.3.3 Red neuronal kohonen	23
2.3.4 Red neuronal de vectores de aprendizaje cuantizados (LVQ)	25
2.3.5 Red neuronal de resonancia adaptiva (ART)	27
2.4 Análisis comparativo entre las diferentes estructuras neuronales ante un mismo tipo de fallo.....	28
2.5 Conclusiones	31
3 Nueva formulación mediante redes neuronales artificiales para el diagnóstico de fallos de redes de transporte de energía eléctrica	32
3.1 Introducción	32
3.2 Estructura neuronal modular propuesta para líneas de transporte	33
3.2.1 Diseño de la estructura modular para una línea de transporte interconectada entre dos subestaciones a interruptor y medio	34
3.2.1.1 Funcionamiento operativo de interruptores y esquemas de protección de L4	36

3.2.1.2	Lectura de interruptores y protecciones para el módulo neuronal de L4	37
3.2.1.3	Implementación de la base de conocimiento con la cual será entrenado el módulo neuronal	40
3.2.1.4	Verificación de la existencia de un cambio de estado.....	49
3.2.2	Diseño de la estructura modular para una línea de transporte interconectada entre una subestación a interruptor y medio y una subestación a doble barra	50
3.2.2.1	Funcionamiento operativo de interruptores y esquemas de protección de L2	50
3.2.2.2	Lectura de interruptores y protecciones para el módulo neuronal de L2	51
3.2.2.3	Implementación de la base de conocimiento con la cual será entrenado el módulo neuronal	52
3.2.3	Diseño de la estructura modular para una línea de transporte interconectada entre dos subestaciones a doble barra.....	60
3.3	Estructura neuronal modular propuesta para transformadores	61
3.3.1	Funcionamiento operativo de interruptores y esquemas de protección de transformadores	63
3.4	Estructura neuronal modular propuesta para barras	65
3.4.1	Diseño de la estructura modular propuesta para barras	66
3.4.2	Funcionamiento operativo de interruptores y esquemas de protección de la barra 1.....	67
3.4.3	Lectura de interruptores y protecciones para el módulo neuronal de la barra 1	68
3.4.4	Implementación de la base de conocimiento con la cual será entrenado el módulo neuronal	70
3.5	Ejemplos de aplicación tomando como referencia la red bajo análisis	74
3.5.1	Ejemplos de prueba con información fuera de línea	75
3.5.2	Ejemplos de prueba con información histórica de tiempo real	85
3.6	Análisis comparativo del método propuesto con otras estructuras neuronales.....	91
3.7	Conclusiones	106

4 Diagnóstico de fallos de redes de transporte de energía eléctrica mediante oscilogramas de tensión y corriente 108

4.1	Introducción	108
4.2	Criterios para la implementación del diagnóstico a un tercer nivel	109
4.2.1	Caso 1.- Si el fallo se ubica en la línea AB	109
4.2.2	Caso 2.- Si el fallo se ubica en la línea BC	110
4.2.3	Caso 3.- Si el fallo se ubica en la barra B	110
4.3	Modelo de la línea de transporte para la obtención de los tipos de fallo.....	112
4.3.1	Metodología de cálculo	114
4.3.2	Proceso de filtrado	115
4.3.3	Fallos monofásicos	116
4.3.4	Fallos bifásicos	117
4.3.5	Fallos trifásicos.....	119

4.3.6	Proceso de muestreo	120
4.4	Implementación de la estructura neuronal (Señales Analógicas)	121
4.4.1	Estructura de la base de datos de entrenamiento	121
4.4.2	Estructura neuronal.....	125
4.5	Análisis espectral de las corrientes y tensiones de fallo	127
4.5.1	Fallos monofásicos a tierra.....	127
4.5.2	Fallos bifásicas a tierra.....	128
4.5.3	Fallos bifásicos	129
4.5.4	Fallo trifásico a tierra	130
4.5.5	Fallos trifásicos.....	131
4.6	Implementación de la estructura neuronal (Señales Discretas)	131
4.6.1	Estructura de la base de datos de entrenamiento	131
4.6.2	Estructura neuronal.....	134
4.7	Conclusiones	135
5	Planificación operativa con redes neuronales modulares en base al diagnóstico de fallos	137
5.1	Introducción	137
5.2	Descripción del sistema de planificación	139
5.2.1	Módulo neuronal	139
5.2.2	Estructura neuronal clasificadora de eventos	140
5.2.3	Estructura Neuronal propia de cada Escenario Operativo	140
5.2.4	Módulo lógico	140
5.2.5	Módulo integral	140
5.3	Implementación del módulo neuronal	140
5.3.1	Implementación de la estructura neuronal clasificadora.....	143
5.3.2	Implementación de la estructura neuronal para cada escenario operativo.....	145
5.4	Conclusiones	151
6	Implementación del sistema de diagnóstico de fallos	152
6.1	Objetivo	152
6.2	Modalidades de funcionamiento del sistema de diagnóstico de fallos	155
6.2.1	Modalidad de funcionamiento fuera de línea	156
6.2.1.1	C Inicial Prueba	158
6.2.1.2	FALLOS	158
6.2.1.3	INICIA SIMULACIÓN	160
6.2.1.4	DIAGNÓSTICO	160
6.2.1.5	ACTUALIZA MODELO	161
6.2.1.6	VERIFICA VI líneas.....	162
6.2.1.7	VERIFICA V I FFT	163
6.2.1.8	PARO	165
6.2.2	Modalidad de funcionamiento en línea.....	165
6.3	Conclusiones	170

7 Conclusiones	172
7.1 Conclusiones del trabajo	172
7.2 Trabajos futuros.....	173
7.3 Artículos publicados por el autor en el tema de la tesis	174
<i>APÉNDICE A</i>	176
<i>APÉNDICE B</i>.....	200
REFERENCIAS.....	211

Tablas

Tabla 2.1 Condiciones operativas de interruptores para componentes fallados.....	17
Tabla 2.2 Patrones de salida para condiciones de componentes fallados	17
Tabla 2.3 Patrones de entrada para el caso de un fallo simple con un interruptor fallado	18
Tabla 2.4 Patrones de entrada para el caso de doble fallo.....	19
Tabla 2.5 Patrones de entrada para el caso de doble fallo con un interruptor fallado	19
Tabla 2.6 Distribución de patrones en función del tipo de fallo	20
Tabla 3.1 Base de datos para la implementación del módulo neuronal de L4	38
Tabla 3.2 Estados lógicos de los interruptores primarios en el lado de envío	41
Tabla 3.3 Lógica de activación final de la línea por interruptores	43
Tabla 3.4 Estados lógicos de los esquemas de protección de cada interruptor primario	45
Tabla 3.5 Lógica de activación final de la línea por relevadores	46
Tabla 3.6 Estados lógicos para el diagnóstico total del fallo en la Línea	48
Tabla 3.7 Base de datos para la implementación del módulo neuronal de L2	52
Tabla 3.8 Estados lógicos de los interruptores primarios en el extremo de envío	52
Tabla 3.9 Estados lógicos de los interruptores primarios en el extremo de recepción	53
Tabla 3.10 Lógica de activación final de la línea por interruptores	54
Tabla 3.11 Estados lógicos de los esquemas de protección de cada interruptor primario	56
Tabla 3.12 Lógica de activación final de la línea por relevadores	57
Tabla 3.13 Estados lógicos para el diagnóstico total del fallo en la Línea	59
Tabla 3.14 Base de datos para el módulo neuronal asociado al transformador TG2	65
Tabla 3.15 Base de datos para la implementación del módulo neuronal de la barra 1	68
Tabla 3.16 Estados lógicos de los interruptores primarios para la barra 1	70
Tabla 3.17 Lógicas de detección de fallo final para la barra 1	72
Tabla 3.18 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73320- ALO	76
Tabla 3.19 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73320- ALO con el INT MDA-73320 fallado	77
Tabla 3.20 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73320- ALO	79
Tabla 3.21 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73400- MTO.....	79
Tabla 3.22 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73320- ALO con el INT ALO-73320 fallado	80
Tabla 3.23 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73400- MTO con el INT MDA-73400 fallado	81

Tabla 3.24 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73400- MTO con el INT MDA-73400 fallado	82
Tabla 3.25 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73010- LRA con el INT MDA-78010 fallado	82
Tabla 3.26 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73320- ALO con el INT ALO-73320 fallado.....	83
Tabla 3.27 Base de datos correspondiente al transformador T6 de MDA con el INT MDA-78600 fallado	83
Tabla 3.28 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73010- LRA.....	86
Tabla 3.29 Base de datos correspondiente a la LT KNP -73870- NCM.....	87
Tabla 3.30 Base de datos correspondiente a la LT KNP -73880- MDN.....	88
Tabla 3.31 Base de datos correspondiente a la LT MDA -73390- SUR.....	90
Tabla 3.32 Base de datos correspondiente a la LT SUR -73980- MTO	90
Tabla 3.33 Comparativo de diferentes métodos con el propuesto en la tesis	92
Tabla 4.1 Fallos posibles en una línea de transporte	113
Tabla 4.2 Estructura de la base de datos de entrenamiento.....	123
Tabla 4.3 Estructura de la base de datos de entrenamiento.....	124
Tabla 4.4 Comportamiento de diferentes estructuras neuronales	125
Tabla 4.5 Estructura de la base de datos de entrenamiento.....	132
Tabla 4.6 Estructura de la base de datos de entrenamiento.....	133
Tabla 4.7 Comportamiento de diferentes estructuras neuronales	134
Tabla 6.1 Base de datos de la LT MDA -73400- MTO	159
Tabla 6.2 Base de datos de la LT MDA -73400- MTO con fallo de los interruptores INT MDA-78010 e INT MTO-78080	160

Figuras

Figura 1.1 Arreglo simple de tres barras y dos líneas de transporte.....	4
Figura 1.2 Relevadores Dis1, Dis2 e interruptores Int1 e Int2 operados	4
Figura 1.3 Relevadores Dis1, Dis4 e interruptores Int1 e Int4 operados	5
Figura 2.1 Red parcial de la zona urbana de la ciudad de Mérida Yucatán, México (Elementos supervisados para diagnóstico)	14
Figura 2.2 Estructura general para una red Perceptron.....	20
Figura 2.3 Estructura general Radial Basic Function	22
Figura 2.4 Estructura general para una red Kohonen	23
Figura 2.5 Mapa auto-organizado de Kohonen	24
Figura 2.6 Estructura general para una red de vectores de aprendizaje cuantizados LVQ	25
Figura 2.7 Estructura general para una red de resonancia adaptativa ART	27
Figura 3.1 Subestación con interruptor y medio.....	34
Figura 3.2 Subestación con doble barra	34
Figura 3.3 Topología de interconexión de la línea L4	34
Figura 3.4 Representación unifilar para diferentes esquemas de protección de una línea.....	35
Figura 3.5 Interruptores de conexión asociados a L4	36
Figura 3.6 Interconexión propuesta para determinar el tamaño de la base de datos para una línea de transporte.....	39
Figura 3.7 Determinación del número de interruptores de respaldo para el interruptor medio de la Lt_b, con conexión a interruptor y medio	39
Figura 3.8 Determinación del número de interruptores de respaldo para el interruptor medio de la Lt_b, que es común, tanto a la Lt_b como a la Lt_a	39
Figura 3.9 Estructura neuronal lado envío de la línea	42
Figura 3.10 Red neuronal de diagnóstico final del fallo en la línea por interruptores.....	43
Figura 3.11 Relación existente entre la información de los estados de los interruptores de L4, las tablas lógicas y las estructuras neuronales	43
Figura 3.12 Red modular para el diagnóstico de fallos por interruptores en la línea	44
Figura 3.13 Red neuronal para la detección de la activación de relevadores en el interruptor.....	45
Figura 3.14 Red neuronal para la detección del fallo en la línea por relevadores.....	46
Figura 3.15 Relación existente entre la información de los estados de los relevadores de L4, las tablas lógicas y las estructuras neuronales	47
Figura 3.16 Red modular para el diagnóstico de fallos por esquemas de protección.....	48

Figura 3.17 Diagnóstico final del fallo en la línea.....	48
Figura 3.18 Estructura neuronal total para el diagnóstico de fallos en líneas con conexión en sus extremos a subestaciones con interruptor y medio	49
Figura 3.19 Topología de interconexión de L2	50
Figura 3.20 Estructura neuronal lado envío de la línea.....	53
Figura 3.21 Estructura neuronal lado recepción de la línea	54
Figura 3.22 Red neuronalde diagnóstico final del fallo en la línea por interruptores.....	54
Figura 3.23 Relación existente entre la información de los estados de los interruptores de L2, las tablas lógicas y las estructuras neuronales	55
Figura 3.24 Red modular para el diagnóstico de fallos por interruptores en la línea	55
Figura 3.25 Red neuronal para la detección de la activación de relevadores en el interruptor	57
Figura 3.26 Red neuronal para la detección del fallo en la línea por relevadores	57
Figura 3.27 Relación existente entre la información de los estados de los relevadores de L2, las tablas lógicas y las estructuras neuronales	58
Figura 3.28 Red modular para el diagnóstico de fallos por esquemas de protección	59
Figura 3.29 Diagnóstico Final del fallo en la línea por esquemas de protección	59
Figura 3.30 Estructura neuronal total para el diagnóstico de fallos en líneas con conexión en sus extremos a subestaciones con interruptor y medio y doble barra.....	60
Figura 3.31 Estructura neuronal total para el diagnóstico de fallos en líneas con conexión en sus extremos a subestaciones con doble barra	61
Figura 3.32 Transformador con interruptor y medio	62
Figura 3.33 Transformador a doble barra.....	62
Figura 3.34 Representación unifilar para diferentes esquemas de protección de un transformador.....	63
Figura 3.35 Interruptores de conexión asociados a TG2.....	63
Figura 3.36 Barra con interruptor y medio	65
Figura 3.37 Barra doble.....	65
Figura 3.38 Interruptores de conexión asociados a la Barra 1	66
Figura 3.39 Representación unifilar para el esquema básico de protección de una barra	66
Figura 3.40 Estructura neuronal para detectar el fallo en la barra por interruptores primarios.....	71
Figura 3.41 Relación existente entre la información de los estados lógicos de los interruptores primarios, de respaldo y relevadores, las tablas lógicas y las estructuras neuronales de la barra 1	71
Figura 3.42 Red neuronal para la detección final del fallo en la barra 1	72
Figura 3.43 Relación existente entre la información de los estados lógicos de los interruptores primarios, de respaldo y relevadores, la tabla lógica final y la estructura neuronal de la barra 1	73

Figura 3.44 Estructura neuronal completa para el diagnóstico del fallo en la barra1.....	73
Figura 3.45 Red eléctrica de la zona urbana de la ciudad de Mérida Yucatán, México	74
Figura 3.46 Diagrama unifilar de la subestación Mérida II. (Con permiso del Área de Control Peninsular, CFE)	75
Figura 3.47 Diagrama unifilar de la subestación Mérida II. (Con permiso del Área de Control Peninsular, CFE)	76
Figura 3.48 Diagnóstico arrojado por el simulador ante un evento ocurrido en la LT MDA -73320- ALO	77
Figura 3.49 Diagnóstico arrojado por el simulador ante un evento ocurrido en la LT MDA -73320- ALO	78
Figura 3.50 Diagrama unifilar de la subestación Metropolitana. (Con permiso del Área de Control Peninsular, CFE)	79
Figura 3.51 Diagnóstico arrojado por el simulador ante eventosocurridos en las LT's MDA -73320- ALO y MDA -73400- MTO.....	80
Figura 3.52 Diagnóstico arrojado por el simulador ante eventosocurridos en las LT's MDA -73320- ALO y MDA -73400- MTO.....	81
Figura 3.53 Diagnóstico arrojado por el simulador ante eventosocurridos en las LT's MDA -73400- MTO, MDA -73010- LRA, MDA -73320- ALO y MDA T6 UNIDAD 3.....	83
Figura 3.54 Diagnóstico arrojado por el simulador ante el evento ocurrido en la LT MDA -73010- LRA.....	86
Figura 3.55 Diagnóstico arrojado por el simulador ante el evento ocurrido en la LT KNP -73870- NCM.....	87
Figura 3.56 Diagnóstico arrojado por el simulador ante el evento ocurrido en la LT KNP -73880- MDN.....	89
Figura 3.57 Diagnóstico arrojado por el simulador ante el evento ocurrido en las LT's SUR -73980- MTO y MDA -73390- SUR.....	91
Figura 3.58 Red eléctrica de prueba	93
Figura 3.59 Diagnóstico emitido por los diferentes métodos ante un fallo simple e interruptor fallado	94
Figura 3.60 Diagnóstico emitido por los diferentes métodos ante un fallo doble e interruptores fallados.....	95
Figura 3.61 Diagnóstico emitido por los diferentes métodos ante un fallo triple e interruptores fallados.....	96
Figura 3.62 Diagnóstico emitido por los diferentes métodos ante un fallo cuádruple e interruptores fallados.....	97
Figura 3.63 Diagnóstico emitido por los diferentes métodos ante un fallo quíntuple e interruptores fallados.....	99
Figura 3.64 Comparativo global de los diferentes métodos ante multiples fallos.....	100
Figura 4.1 Relevadores Dis1, Dis4 e interruptores Int1 e Int4operados.....	108

Figura 4.2 Relación entre los diferentes niveles de diagnóstico para cada componente de la red de transporte	111
Figura 4.3 Modelo equivalente para la simulación de fallos en una línea de transporte	112
Figura 4.4 Equivalente MatLab para la simulación de fallos en una línea de transporte	113
Figura 4.5 Señal filtrada de la tensión de fallo a través del neutro	115
Figura 4.6 Señal filtrada de la corriente de fallo a través del neutro	115
Figura 4.7 Comparación de las señales de tensión filtrada y muestreada	120
Figura 4.8 Comparación de las señales de corriente filtrada muestreada	120
Figura 4.9 Clasificación de la dinámica de la corriente de fallo por sectores	121
Figura 4.10 Corrientes de fallo en las diferentes fases y neutro	122
Figura 4.11 Tensiones de fallo en las diferentes fases y neutro	122
Figura 4.12 Estructura neuronal clasificadora	126
Figura 4.13 Clasificación del tipo de fallo	126
Figura 4.14 Estructura neuronal clasificadora	134
Figura 4.15 Clasificación del tipo de fallo con FFT	135
Figura 5.1 Diagrama modular del sistema de planificación propuesto	139
Figura 5.2 Diagrama unifilar del sistema de prueba del IEEE-30 Buses	141
Figura 5.3 Curvas de demanda por región y total del sistema.....	142
Figura 5.4 Estructura neuronal propuesta para la clasificación de escenarios	143
Figura 5.5 Base de datos de entrada para el entrenamiento fuera de línea de la estructura neuronal clasificadora	144
Figura 5.6 Diagrama unifilar parcial para el escenario operativo red completa.....	146
Figura 5.7 Diagrama unifilar parcial para el escenario operativo fuera servicio LT B1-B2.....	146
Figura 5.8 Base de datos de entrada para la estructura neuronal propia	148
Figura 5.9 Estructura por bus para la base de datos de entrada.....	149
Figura 5.10 Base de datos de salida para la estructura neuronal propia	149
Figura 5.11 Estructura por región para la base de datos de salida.....	149
Figura 5.12 Estructura neuronal propuesta para cada escenario operativo	150
Figura 5.13 Resultados comparativos de la respuesta de la estructura neuronal a una demanda específica contra los arrojados por el OPF	151
Figura 6.1 Red eléctrica de la zona urbana de la ciudad de Mérida Yucatán, México	152
Figura 6.2 Relación entre los diferentes niveles de diagnóstico para cada componente de la red de transporte.....	153
Figura 6.3 Diagrama unifilar de la Subestación Mérida II. (Con permiso del Área de Control Peninsular, CFE)	154
Figura 6.4 Diagrama unifilar de la Subestación Metropolitana. (Con permiso del Área de Control Peninsular, CFE)	155
Figura 6.5 Estructura de Adquisición de Información en Tiempo Real	156
Figura 6.6 Estructura del Sistema de Diagnóstico de Fallos	156

Figura 6.7 Estructura del Sistema de Diagnóstico de Fallos en la Modalidad Fuera de Línea.....	157
Figura 6.8 Pantalla principal del sistema de Diagnóstico de Fallos	157
Figura 6.9 Ejecución de la macro FALLOS	158
Figura 6.10 Diagnóstico arrojado por el simulador ante el evento en la LT MDA - 73400- MTO	161
Figura 6.11 Clasificación del tipo de fallo por oscilogramas de tensiones y corrientes de fallo	163
Figura 6.12 Clasificación del tipo de fallo por FFT's de tensiones y corrientes de fallo	164
Figura 6.13 Página inicial del sistema de diagnóstico	165
Figura 6.14 Pantalla Principal para Consulta de Información Pasada	166
Figura 6.15 Duración del proceso de actualización de la base de datos	167
Figura 6.16 Duración del proceso de diagnóstico	167
Figura 6.17 Duración del proceso de aplicación de las estructuras neuronales	167
Figura 6.18 Tiempo de Duración del Proceso de Diagnóstico de Fallos	168
Figura 6.19 Diagrama de tiempos del proceso de diagnóstico	168
Figura 6.20 Pantalla principal para verificación de fallos en forma continua.....	169
Figura 6.21 Diagrama de tiempos del proceso de diagnóstico en línea	170

Gráficas

Gráfica 2.1 Análisis comparativo del diagnóstico de la red Perceptron ante diferentes fallos y umbrales	21
Gráfica 2.2 Análisis comparativo del diagnóstico de la red RBF ante diferentes fallos y umbrales	23
Gráfica 2.3 Análisis comparativo del diagnóstico de la red Kohonen ante diferentes fallos.....	25
Gráfica 2.4 Análisis comparativo del diagnóstico de la red LVQ ante diferentes fallos y umbrales	26
Gráfica 2.5 Análisis comparativo del diagnóstico de la red ART ante diferentes fallos y umbrales	28
Gráfica 2.6 Respuesta de las diferentes redes neuronales a un fallo simple	29
Gráfica 2.7 Respuesta de las diferentes redes neuronales a un fallo simple con interruptor fallado	29
Gráfica 2.8 Respuesta de las diferentes redes neuronales a un doble fallo	30
Gráfica 2.9 Respuesta de las diferentes redes neuronales a un doble fallo con interruptor fallado	30
Gráfica 4.1 Corrientes y tensiones de fallo a tierra en la fase A	116
Gráfica 4.2 Corrientes y tensiones de fallo a tierra en la fase B.....	116
Gráfica 4.3 Corrientes y tensiones de fallo a tierra en la fase C.....	117
Gráfica 4.4 Corrientes y tensiones de fallo entre las fases A y B.....	117
Gráfica 4.5 Corrientes y tensiones de fallo entre las fases B y C.....	118
Gráfica 4.6 Corrientes y tensiones de fallo entre las fases C y A.....	118
Gráfica 4.7 Corrientes y tensiones de fallo entre las fases A, B y tierra.....	118
Gráfica 4.8 Corrientes y tensiones de fallo entre las fases B, C y tierra.....	119
Gráfica 4.9 Corrientes y tensiones de fallo entre las fases A, C y tierra.....	119
Gráfica 4.10 Corrientes y tensiones de fallo entre las fases A, B y C y tierra	119
Gráfica 4.11 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fase A a tierra	127
Gráfica 4.12 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fase B a tierra	128
Gráfica 4.13 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fase C a tierra	128
Gráfica 4.14 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fases AB a tierra	128
Gráfica 4.15 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fases BC a tierra	129
Gráfica 4.16 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fases AC a	

tierra	129
Gráfica 4.17 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fases AB	129
Gráfica 4.18 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fases BC.....	130
Gráfica 4.19 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fases CA	130
Gráfica 4.20 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fases ABC a tierra.....	130
Gráfica 4.21 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. FasesABC.....	131
Gráfica 4.22 Espectros en frecuencia de corrientes y tensiones de fallo. Fase A, a tierra.....	132
Gráfica 6.1 Oscilogramas de tensiones y corrientes de fallo, para un fallo de fase “A” a tierra	162
Gráfica 6.2 Espectros de frecuencia de corrientes y tensiones de fallo, para un fallo de fase “A” a tierra	164