

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



EVALUACION DE LA ESTABILIDAD TRANSITORIA EN  
SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA MEDIANTE  
REDES DE NEURONAS ARTIFICIALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN INGENIERIA ELECTRICA

P R E S E N T A :

ROGELIO RAMIREZ BARRADAS

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1994

EVALUACION DE LA ESTABILIDAD TRANSITORIA EN

SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA MEDIANTE

REDES DE NEURONAS ARTIFICIALES

TD  
Z5853  
.M2  
FIME  
1994  
R3

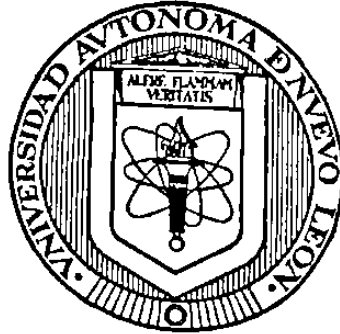
UNIL.  
1994



1020112540

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**



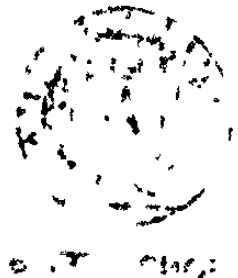
**EVALUACION DE LA ESTABILIDAD TRANSITORIA EN  
SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA MEDIANTE REDES  
DE NEURONAS ARTIFICIALES**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN INGENIERIA ELECTRICA**

**PRESENTA**

**ROGELIO RAMIREZ BARRADAS**



**MONTERREY, N.L.**

**DICIEMBRE, 1994**

TD  
Z5853  
.M2  
FIME  
1994  
R3

0117 1

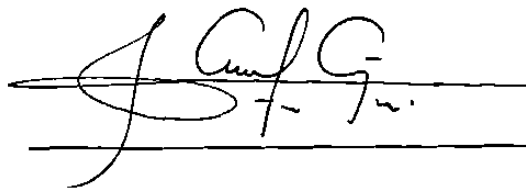


FONDO TESIS

**EVALUACION DE LA ESTABILIDAD TRANSITORIA EN SISTEMAS  
ELECTRICOS DE POTENCIA MEDIANTE REDES DE  
NEURONAS ARTIFICIALES**

Los miembros del Comité aprueban la Tesis  
Doctoral de Rogelio Ramírez Barradas

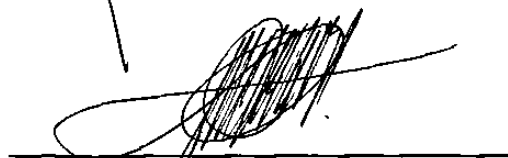
Dr. Florencio Aboytes García  
Asesor



Dr. Salvador Acha Daza



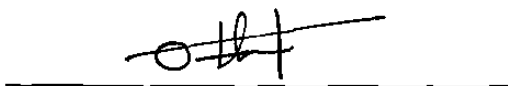
Dr. Oscar Leonel Chacón Mondragón



Dr. Edgar Nelson Sánchez Camperos



Dr. Armando Llamas Terrés



Dr. José Antonio de la O Serna



Dedicado

A Doña Marthita y sus 2½ latosillos,

A Doña Adolfina, alegre bailadora de sones,

A la memoria de Don Pedro Ramírez.

## Agradecimientos

En primer lugar expreso mi gratitud y reconocimiento al Dr. Florencio Aboytes García por la asesoría de este trabajo y por la confianza brindada durante el desarrollo de éste y múltiples proyectos.

A los profesores sinodales de esta tesis, por sus valiosas sugerencias para mejorar este material.

A los profesores del Programa Doctoral de la UANL, en especial al Dr. Oscar Chacón y Dr. Hector Altuve por su ayuda en la etapa inicial del proyecto, así como a los profesores de la sección de graduados de ESIME que contribuyeron a mi formación.

A los compañeros, amigos todos, del Programa Doctoral por su aceptación y como motivación para que alcancen sus propias y personales metas.

A los compañeros de CFE, en especial al hoy M.C. Fernando Sánchez, futuro y próximo D.I., por su amistad y confianza.

A los responsables del Convenio CFE/CENACE - UANL/FIME, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.



## **RESUMEN**

# **EVALUACION DE LA ESTABILIDAD TRANSITORIA EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA MEDIANTE REDES DE NEURONAS ARTIFICIALES**

Publicación No. \_\_\_\_\_

Rogelio Ramírez Barradas, Dr. en Ing.

Universidad Autónoma de Nuevo León, 1994

Profesor Asesor: Dr. Florencio Aboytes García

El tema central de esta tesis es el análisis de la aplicación de la metodología de redes de neuronas artificiales al problema de evaluación de estabilidad transitoria en sistemas eléctricos de potencia.

Los capítulos iniciales describen los principios de operación de las redes de neuronas artificiales, las bases conceptuales del problema de estabilidad transitoria y las características generales del caso de estudio, que define un problema real que se afronta en la operación diaria del sistema eléctrico.

Se presentan enseguida resultados detallados del desempeño de diversas arquitecturas de redes de procesamiento progresivo, con una o dos capas ocultas, utilizando diferentes variables de salida. De las alternativas estudiadas se concluye que en el problema abordado conviene emplear una red de una capa interna con un elemento de salida binario.

Se compara asimismo el desempeño de redes entrenadas con dos diferentes formas de organización en la información de entrada. Se observan diferencias sustanciales en la magnitud de los errores de clasificación, lo que lleva a concluir la gran importancia que tiene la selección del formato con que se presenta la información.

Se incluye el efecto de controles discretos suplementarios, para evitar el problema de pérdida de sincronismo, sin cambiar la formulación original del problema, por medio del entrenamiento de redes de neuronas artificiales adicionales.

Se propone la presentación de los resultados mediante una interfaz gráfica que auxilie al personal de operación de los centros de control, mostrando las zonas de operación estables o inestables ante diversas fallas. Con esta herramienta el operador puede decidir efectuar cambios en el monto de generación para mover el punto de operación o la activación de controles discretos suplementarios.

La herramienta propuesta constituye una solución viable a un problema práctico actual. El método ofrece una alternativa para la evaluación en línea de la estabilidad transitoria en sistemas eléctricos con estructura longitudinal, como es el caso de la red eléctrica de México.

## Indice

|                               | Pág |
|-------------------------------|-----|
| <b>Agradecimientos</b> .....  | iv  |
| <b>Resumen</b> .....          | v   |
| <b>Lista de Figuras</b> ..... | xi  |
| <b>Lista de tablas</b> .....  | xiv |

### Capítulo I Introducción

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.1   | Motivación .....   | 1  |
| 1.2   | Análisis de seguridad en estado transitorio .....                            | 4  |
| 1.2.1 | Supercomputadoras vectoriales .....  | 6  |
| 1.2.2 | Procesadores de arreglos .....   | 7  |
| 1.2.3 | Equipos tipo estación de trabajo y técnicas de equivalentes .....            | 7  |
| 1.2.4 | Métodos de la función de energía .....                                       | 8  |
| 1.2.5 | Métodos Probabilísticos .....  | 8  |
| 1.2.6 | Métodos de reconocimiento de patrones .....                                  | 8  |
| 1.2.7 | Sistemas basados en conocimiento: Redes neuronales o sistemas expertos ..... | 9  |
| 1.3   | Revisión bibliográfica .....   | 10 |
| 1.4   | Estructura de la tesis .....   | 16 |
| 1.5   | Aportaciones .....   | 17 |

### Capítulo II Conceptos Generales sobre Redes de Neuronas Artificiales y Metodología de Superficie de Respuesta

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 2.1 | Introducción a redes de neuronas artificiales .....   | 20 |
| 2.2 | La neurona biológica .....                            | 22 |
| 2.3 | Clasificación de redes de neuronas artificiales ..... | 23 |
| 2.4 | Tipos de neuronas artificiales .....                  | 25 |

## Índice (continuación)

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.5   | Arquitectura de redes .....                     | 30 |
| 2.6   | Reglas de aprendizaje .....                     | 35 |
| 2.7   | Algoritmo de retropropagación del error .....   | 36 |
| 2.8   | Algoritmos de aprendizaje no supervisado .....  | 40 |
| 2.8.1 | Aprendizaje competitivo .....                   | 41 |
| 2.8.2 | Mapas auto-organizados .....                    | 43 |
| 2.9   | Metodología de Superficie de Respuesta .....    | 45 |
| 2.9.1 | Diseño Factorial de Experimentos .....          | 46 |
| 2.9.2 | Ajuste de Funciones por Mínimos Cuadrados ..... | 48 |
| 2.9.3 | Aplicación del Método .....                     | 49 |

## Capítulo III El Problema de Estabilidad Transitoria

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1   | Introducción .....                                    | 50 |
| 3.2   | Factores que afectan la estabilidad transitoria ..... | 52 |
| 3.2.1 | Punto de operación .....                              | 53 |
| 3.2.2 | Tipo y localización de la falla .....                 | 53 |
| 3.2.3 | Tiempo de liberación .....                            | 54 |
| 3.2.4 | Forma de liberación de la falla .....                 | 54 |
| 3.2.5 | Controles discretos suplementarios .....              | 55 |
| 3.2.6 | Requerimientos operativos en sistemas débiles .....   | 56 |
| 3.3   | Sistema de Prueba .....                               | 56 |
| 3.4   | Casos de estudio .....                                | 59 |
| 3.4.1 | Casos de Entrenamiento .....                          | 61 |
| 3.4.2 | Casos de Prueba .....                                 | 63 |
| 3.5   | El espacio de generación .....                        | 64 |
| 3.6   | Análisis de las variables de salida .....             | 69 |
| 3.7   | Generación automática de casos .....                  | 74 |

## Indice (continuación)

|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| 3.8 | Utilización del simulador SISP ..... | 75 |
|-----|--------------------------------------|----|

### Capítulo IV Arquitecturas de RNA's para la evaluación de la estabilidad transitoria

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.1   | Introducción .....  | 76  |
| 4.2   | Características generales .....                               | 77  |
| 4.2.1 | Variables de entrada .....                                    | 79  |
| 4.2.2 | Variables de salida .....                                     | 81  |
| 4.3   | Caso de estudio: Una red por tipo de falla y voltaje .....    | 81  |
| 4.3.1 | Selección de variables .....                                  | 83  |
| 4.3.2 | Formas de la Variable de Salida .....                         | 86  |
| 4.3.3 | Análisis de los Casos de Entrenamiento y de Prueba .....      | 86  |
| 4.4   | Parámetros del proceso de aprendizaje .....                   | 88  |
| 4.5   | Arquitecturas de RNA's .....                                  | 90  |
| 4.5.1 | Redes de una Capa Interna. Arquitectura A .....               | 92  |
| 4.5.2 | Redes de una Capa Interna. Arquitectura B .....               | 102 |
| 4.5.3 | Redes de una Capa Interna. Arquitectura C .....               | 106 |
| 4.6   | Redes de dos capas internas .....                             | 109 |
| 4.7   | Aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta ..... | 113 |
| 4.7.1 | Funciones de Aproximación Propuestas .....                    | 114 |
| 4.7.2 | Resultados Globales por Función .....                         | 115 |
| 4.8   | Sistema Híbrido RNA's - SR .....                              | 117 |

### Capítulo V Alternativas para la aplicación de RNA's al problema de estabilidad transitoria

|     |                    |     |
|-----|--------------------|-----|
| 5.1 | Introducción ..... | 119 |
|-----|--------------------|-----|

## Índice (continuación)

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.2   | Una red por cada subespacio de generación .....                                       | 120 |
| 5.2.1 | Análisis de errores .....   | 127 |
| 5.3   | Una red por cada tipo de falla y voltaje .....  | 128 |
| 5.3.1 | Potencia generada final como variable de salida .....                                 | 128 |
| 5.3.2 | Índice de estabilidad basado en potencia generada .....                               | 136 |
| 5.3.3 | Ángulo final como variable de salida .....  | 143 |
| 5.4   | Inclusión de controles suplementarios .....   | 151 |
| 5.4.1 | Nuevos patrones necesarios .....  | 153 |
| 5.4.2 | Resultados de entrenamiento y prueba .....  | 153 |
| 5.5   | Sistema de consulta basado en RNA's .....   | 157 |
| 5.5.1 | Modo de funcionamiento en línea .....   | 157 |
| 5.5.2 | Modo de funcionamiento para entrenamiento .....                                       | 157 |
| 5.6   | Sistema en línea para la supervisión y<br>selección de controles suplementarios ..... | 158 |
| 5.6.1 | Variables de entrada-salida .....   | 158 |
| 5.7   | Ejemplo de aplicación .....   | 159 |
| 5.8   | Desarrollo del sistema basado en RNA's .....  | 162 |

## Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 6.1 | Conclusiones .....   | 164 |
| 6.2 | Recomendaciones para trabajos futuros .....                | 167 |
|     | Referencias .....  | 169 |
|     | Apéndices .....  | 175 |
|     | Artículos presentados referentes al trabajo de tesis ..... | 191 |

## LISTA DE FIGURAS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Fig. 2.1  | Representación simplificada de una neurona .....  | 22 |
| Fig. 2.2  | Representación esquemática del modelo M-P .....   | 26 |
| Fig. 2.3  | Modelo general de una neurona artificial .....  | 27 |
| Fig. 2.4  | Funciones de activación .....   | 29 |
| Fig. 2.5  | Red neuronal de una capa .....  | 30 |
| Fig. 2.6  | Diagrama esquemático de una red de procesamiento<br>progresivo de múltiples capas .....           | 32 |
| Fig. 2.7  | Red de una capa con retroalimentación .....   | 33 |
| Fig. 2.8  | Propagación regresiva del error en una neurona artificial .....                                   | 37 |
| Fig. 2.9  | Red neuronal de 2 capas y 5 unidades de procesamiento .....                                       | 39 |
| Fig. 2.10 | Algoritmo de retropropagación del error .....   | 40 |
| Fig. 2.11 | Red de neuronas artificiales en arreglo bidimensional<br>tipo mapa de características .....       | 44 |
| Fig. 2.12 | Diagrama esquemático de un diseño $2^3$ .....   | 47 |
| Fig. 3.1  | Diagrama unifilar del área de interés .....   | 57 |
| Fig. 3.2  | Esquema global de distribución por áreas .....  | 58 |
| Fig. 3.3  | Espacio de generación .....   | 65 |
| Fig. 3.4  | Diferencia angular de REC-U2. Caso 1111 .....   | 66 |
| Fig. 3.5  | Límites de estabilidad para las unidades conectadas<br>en 230 kV. Caso 1111 .....                 | 67 |
| Fig. 3.6  | Límites de estabilidad para las unidades conectadas<br>en 400 kV, para la contingencia 1111 ..... | 68 |
| Fig. 3.7  | Posición angular de REC-U4. Caso 1111 .....   | 69 |
| Fig. 3.8  | Potencia activa de REC-U2. Caso 1111 .....  | 70 |
| Fig. 3.9  | Potencia activa de REC-U4. Caso 1111 .....  | 71 |
| Fig. 3.10 | Potencia reactiva de REC-U2. Caso 1111 .....  | 71 |
| Fig. 3.11 | Potencia reactiva de REC-U4. Caso 1111 .....  | 72 |
| Fig. 3.12 | Aceleración de REC-U2. Caso 1111 .....  | 73 |

## LISTA DE FIGURAS (continuación)

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Fig. 3.13 | Aceleración de REC-U4. Caso 1111 .....                   | 73  |
| Fig. 4.1  | Arquitectura A .....                                     | 90  |
| Fig. 4.2  | Arquitectura B .....                                     | 91  |
| Fig. 4.3  | Arquitectura C .....                                     | 91  |
| Fig. 4.4  | Arquitectura D .....                                     | 92  |
| Fig. 4.5  | Ejemplo de diseño factorial $2^3$ .....                  | 113 |
| Fig. 5.1  | Subespacios de generación .....                          | 120 |
| Fig. 5.2  | Valores normalizados de Pg. Caso 1 .....                 | 129 |
| Fig. 5.3  | Valores normalizados de Pg. Caso 2 .....                 | 129 |
| Fig. 5.4  | Valores normalizados de Pg. Caso 3 .....                 | 129 |
| Fig. 5.5  | Valores normalizados de Pg. Caso 4 .....                 | 130 |
| Fig. 5.6  | Valores normalizados de Pg. Caso 5 .....                 | 130 |
| Fig. 5.7  | Valores normalizados de Pg. Caso 6 .....                 | 130 |
| Fig. 5.8  | Valores normalizados de Pg. Caso 7 .....                 | 131 |
| Fig. 5.9  | Valores normalizados de Pg. Caso 8 .....                 | 131 |
| Fig. 5.10 | Valores normalizados de Pg. Caso 9 .....                 | 131 |
| Fig. 5.11 | Valores normalizados de Pg. Caso 10 .....                | 132 |
| Fig. 5.12 | Valores normalizados de Pg. Caso 11 .....                | 132 |
| Fig. 5.13 | Valores normalizados de Pg. Caso 12 .....                | 132 |
| Fig. 5.14 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 1 ..... | 144 |
| Fig. 5.15 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 2 ..... | 144 |
| Fig. 5.16 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 3 ..... | 144 |
| Fig. 5.17 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 4 ..... | 145 |
| Fig. 5.18 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 5 ..... | 145 |
| Fig. 5.19 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 6 ..... | 145 |
| Fig. 5.20 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 7 ..... | 146 |
| Fig. 5.21 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 8 ..... | 146 |
| Fig. 5.22 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 9 ..... | 146 |



## LISTA DE FIGURAS (continuación)

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Fig. 5.23 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 10 | 147 |
| Fig. 5.24 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 11 | 147 |
| Fig. 5.25 | Valores normalizados de diferencia angular. Caso 12 | 147 |
| Fig. 5.26 | Esquema lógico simplificado de operación del DAG    | 152 |
| Fig. 5.27 | Espacio de generación sin activación de DAG         | 160 |
| Fig. 5.28 | Espacio de generación para DAG en REC-U1            | 161 |
| Fig. 5.29 | Espacio de generación para DAG en REC-U3            | 162 |

## LISTA DE TABLAS

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Tabla 2.1  | Matriz de experimentos a realizar .....   | 47  |
| Tabla 3.1  | Carga por área .....  | 60  |
| Tabla 3.2  | Casos de falla trifásica en REC-230 .....   | 62  |
| Tabla 3.4  | Carga por área [MW] .....   | 63  |
| Tabla 3.5  | Casos de falla trifásica en REC-230 .....   | 64  |
| Tabla 4.1  | RNA's agrupadas por falla y voltaje .....   | 82  |
| Tabla 4.2  | Número de casos por categoría de clasificación .....                                    | 87  |
| Tabla 4.3  | Número de iteraciones efectuadas por cada RNA .....                                     | 93  |
| Tabla 4.4  | Suma cuadrática de errores de entrenamiento [%] .....                                   | 94  |
| Tabla 4.5  | Suma cuadrática de errores de prueba [%] .....  | 95  |
| Tabla 4.6  | Número total de clasificaciones incorrectas en etapa<br>de entrenamiento .....          | 96  |
| Tabla 4.7  | Número total de clasificaciones incorrectas en etapa<br>de prueba .....                 | 97  |
| Tabla 4.8  | Porcentaje de Errores de clasificación. Arquitectura A .....                            | 98  |
| Tabla 4.9  | Clasificaciones incorrectas de prueba. Arquitectura B .....                             | 99  |
| Tabla 4.10 | Porcentajes totales de error de clasificación. Redes de<br>Tabla 4.9 .....              | 100 |
| Tabla 4.11 | Errores de entrenamiento ordenados de acuerdo a RCIE .....                              | 101 |
| Tabla 4.12 | Total de clasificaciones incorrectas en etapa de entrenamiento.<br>Arquitectura B. .... | 102 |
| Tabla 4.13 | Total de clasificaciones incorrectas en etapa de prueba.<br>Arquitectura B. ....        | 103 |
| Tabla 4.14 | Porcentaje de Errores de clasificación. Arquitectura B. ....                            | 104 |
| Tabla 4.15 | Clasificaciones indefinidas. Arquitectura B. ....                                       | 105 |
| Tabla 4.16 | Total de clasificaciones incorrectas en etapa de entrenamiento.<br>Arquitectura C. .... | 106 |

## LISTA DE TABLAS (continuación)

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Tabla 4.17 | Total de clasificaciones incorrectas en etapa de prueba.<br>Arquitectura C. ....                              | 107 |
| Tabla 4.18 | Porcentaje de Errores de clasificación. Arquitectura C. ....  | 108 |
| Tabla 4.19 | Porcentaje de error en redes de una capa interna ....   | 109 |
| Tabla 4.20 | Porcentaje de errores de clasificación en redes de dos capas,<br>primera capa interna de ocho elementos ....  | 110 |
| Tabla 4.21 | Porcentaje de errores de clasificación en redes de dos capas,<br>primera capa interna de nueve elementos .... | 111 |
| Tabla 4.22 | Porcentaje de errores de clasificación en redes de dos capas,<br>primera capa interna de diez elementos ....  | 112 |
| Tabla 4.23 | Porcentaje de error en redes de dos capas internas ....   | 112 |
| Tabla 4.25 | Porcentaje de erro de clasificación en etapa de prueba ....   | 115 |
| Tabla 4.26 | Número de errores totales por falla y caso ....   | 116 |
| Tabla 4.27 | Comparación del número de errores totales ....  | 117 |
| Tabla 5.1  | Patrones de prueba por subespacio ....  | 121 |
| Tabla 5.2  | Número de casos estables e inestables de entrenamiento<br>por subespacio ....                                 | 122 |
| Tabla 5.3  | Número de casos estables e inestables de prueba<br>por subespacio ....  | 123 |
| Tabla 5.4  | Errores de entrenamiento en redes para generadores<br>conectados a 230 kV [%] ....                            | 124 |
| Tabla 5.5  | Errores de entrenamiento en redes para generadores<br>conectados a 400 kV [%] ....                            | 125 |
| Tabla 5.6  | Errores de prueba en redes para generadores conectados<br>a 230 kV [%] ....                                   | 126 |
| Tabla 5.7  | Errores de prueba en redes para generadores conectados<br>a 400 kV [%] ....                                   | 126 |
| Tabla 5.8  | Errores de entrenamiento en redes ....  | 134 |

## LISTA DE TABLAS (continuación)

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Tabla 5.9  | Errores de prueba en redes . . . . .                                | 135 |
| Tabla 5.10 | Patrones con error superior al $\pm 5\%$ . . . . .                  | 136 |
| Tabla 5.11 | Número de casos por categoría de clasificación . . . . .            | 138 |
| Tabla 5.12 | Suma cuadrática de errores de entrenamiento [%] . . . . .           | 139 |
| Tabla 5.13 | Suma cuadrática de errores de prueba [%] . . . . .                  | 140 |
| Tabla 5.14 | Número de clasificaciones incorrectas en etapa de entrenamiento . . | 141 |
| Tabla 5.15 | Número de clasificaciones incorrectas en etapa de prueba . . . . .  | 142 |
| Tabla 5.16 | Errores de entrenamiento en redes [%] . . . . .                     | 148 |
| Tabla 5.17 | Errores de prueba en redes [%] . . . . .                            | 149 |
| Tabla 5.18 | Patrones con error superior al $\pm 5\%$ . . . . .                  | 150 |
| Tabla 5.19 | Número de casos por categoría de clasificación . . . . .            | 154 |
| Tabla 5.20 | Suma cuadrática de errores de entrenamiento . . . . .               | 154 |
| Tabla 5.21 | Suma cuadrática de errores de prueba [%] . . . . .                  | 155 |
| Tabla 5.22 | Número de clasificaciones incorrectas en etapa de entrenamiento . . | 155 |
| Tabla 5.23 | Número de clasificaciones incorrectas en etapa de prueba . . . . .  | 156 |
| Tabla A2.1 | Casos de falla trifásica en REC-400 . . . . .                       | 182 |
| Tabla A2.2 | Casos de falla trifásica en FRO-400 . . . . .                       | 183 |
| Tabla A2.3 | Casos de falla monofásica en REC-230 . . . . .                      | 184 |
| Tabla A2.4 | Casos de falla monofásica en REC-400 . . . . .                      | 185 |
| Tabla A2.5 | Casos de falla monofásica en FRO-400 . . . . .                      | 186 |
| Tabla A3.1 | Casos de falla trifásica en REC-400 . . . . .                       | 188 |
| Tabla A3.2 | Casos de falla trifásica en FRO-400 . . . . .                       | 188 |
| Tabla A3.3 | Casos de falla monofásica en REC-230 . . . . .                      | 189 |
| Tabla A3.4 | Casos de falla monofásica en REC-400 . . . . .                      | 189 |
| Tabla A3.5 | Casos de falla monofásica en FRO-400 . . . . .                      | 190 |