



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR (ES):

NOMBRE (S): JHOAN MANUEL **APELLIDOS:** ESPINEL CAMACHO

NOMBRE (S): RICHAR NIULSON **APELLIDOS:** PEREZ ROZO

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTROMECHANICA

DIRECTOR:

NOMBRE (S): GERMAN ENRIQUE **APELLIDOS:** GALLEGO RODRIGUEZ

TITULO DE LA TESIS: ESTUDIO DE CONTROL TOLERANTE A FALLAS EN EQUIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR BASADO EN TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

RESUMEN:

Se recolectó toda información posible sobre control tolerante a fallas obteniendo información de otros medios como Internet, revistas y artículos relacionados con el tema, con el cual se desarrollaron criterios de ingeniería para la implementación tecnológica del sistema conceptual, para el control tolerante a fallas. Igualmente, se modelaron, simularon y comprobaron los resultados computacionalmente al sistema. Se presentó un artículo investigativo en una revista indexada en equipos de transferencia de calor aplicando técnicas de inteligencia artificial. Por ultimo, se dieron a conocer los beneficios y ventajas que nos daría la utilización de un control tolerante a fallas en cualquier equipo.

Palabras clave: fallas, transferencia, calor, inteligencia, artificial.

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 314

PLANOS:

ILUSTRACIONES:

CD-ROM: 1

ESTUDIO DE CONTROL TOLERANTE A FALLAS EN EQUIPOS DE
TRANSFERENCIA DE CALOR BASADO EN TECNICAS DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL

JHOAN MANUEL ESPINEL CAMACHO
RICHAR NIULSON PEREZ ROZO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA
SAN JOSE DE CUCUTA
2013

ESTUDIO DE CONTROL TOLERANTE A FALLAS EN EQUIPOS DE
TRANSFERENCIA DE CALOR BASADO EN TECNICAS DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL

JHOAN MANUEL ESPINEL CAMACHO
RICHAR NIULSON PEREZ ROZO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Electromecánico

Director
GERMAN ENRIQUE GALLEGO RODRIGUEZ
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA
SAN JOSE DE CUCUTA
2013



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 15 MARZO DE 2013

HORA: 9:20 AM

LUGAR: SALA DE JUNTAS DEPARTAMENTO ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTROMECHANICA

TITULO DE LA TESIS: ESTUDIO DE CONTROL TOLERANTE A FALLAS EN EQUIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR BASADO EN TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

JURADOS: IE Msc JOSE ARMANDO BECERRA VARGAS
IE PhD. FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCIA

DIRECTOR: IE Msc GERMAN ENRIQUE GALLEGO RODRIGUEZ

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
JHOAN MANUEL ESPINEL CAMACHO	0090662	4.6	CUATRO SEIS
RICHAR NIULSON PEREZ ROZO	0090852	4.6	CUATRO SEIS

MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS:

IE Msc. JOSE ARMANDO BECERRA V.

IE PhD. FRANCISCO ERNESTO MORENO G.

Vo. Bo.

ING. FRANCISCO ERNESTO MORENO G.
Coordinador Comité Curricular

Joseca l.



A mi madre Carmen Alicia Camacho, quien me ha apoyado todo este tiempo, mi amiga y confidente mis más sinceros agradecimientos a quien amo de todo corazón.

A mi padre Jairo José Espinel Omaña, quien me ha dado su confianza que a pesar de las caídas ha sido un pilar importante en mi vida y mi carrera.

A mi hermana Diana Espinel, quien se ha convertido en mi aliada y colega, le deseo éxitos en su vida profesional.

A mi abuela Cristina Viuda de Espinel, quien me ha apoyado todos estos años ha sido alcahueta conmigo y que sin ella pienso que no hubiese conseguido este objetivo.

A mi tío William Espinel quien me brindo su voto de confianza, su apoyo incondicional cuando muchas veces lo necesite; a él le dedico este triunfo el primero de muchos que vendrán.

A Mónica Espejo, por brindarme su apoyo incondicional, a ella mil gracias

Jhoan

Agradezco de corazón a mis padres, Juana María Rozo Blanco y Félix María Pérez Sánchez ya que ellos fueron un pilar fundamental para el desarrollo de mi vida, ya que con su apoyo, consejos y mucha confianza, me ayudaron a ser mejor persona y surgir para alcanzar este gran logro.

A mis hermanos Johnny Starlyn Pérez Rozo y Jonathan Félix Pérez Rozo quienes me brindaron su apoyo en los momentos que más lo necesite, a ellos mil gracias.

Y a todas las demás personas que de una u otra manera incidieron y me dieron palabras de aliento y fortaleza durante este proceso que cumplí satisfactoriamente.

Richar

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	24
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	26
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	26
1.3 JUSTIFICACIÓN	27
1.4 OBJETIVOS	28
2. REFERENTES TEÓRICOS	30
2.1 ANTECEDENTES	30
2.2 MARCO TEÓRICO	31
2.2.1 Intercambiador de calor	31
2.2.2 Descripción del sistema de caldera en Termotasajero	46
2.2.3 Descripción física del sistema de caldera en Termotasajero	46
2.2.4 Parámetros principales	46
2.2.5 Sistema de planta	49
2.2.6 Descripción y operación de equipos de caldera	54
2.2.7 Balance térmico del ciclo agua- vapor	57
2.2.8 Confiabilidad industrial	60
2.2.9 Concepto de falla	62
2.3 MARCO LEGAL	71
3. METODOLOGÍA	73

3.1 TIPO DE INVESTIGACION	73
3.2 ACTIVIDADES Y METODOLOGIAS	73
4. CONTROL TOLERANTE A FALLAS	75
4.1 INTRODUCCIÓN DEL CONTROL TOLERANTE A FALLAS	75
4.2 FUNDAMENTOS DEL CONTROL TOLERANTE A FALLAS	75
4.3 ALGUNOS PROCEDIMIENTOS DE CONTROL TOLERANTE A FALLAS	82
4.4 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE CONTROL TOLERANTE A FALLAS	84
4.5 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMAS TOLERANTES A FALLAS	86
4.6 CLASIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS DE TOLERANCIA A FALLAS	89
4.7 OBSERVADORES DE ESTADO	97
4.7.1 Observador de orden completo	98
5. TECNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	101
5.1 BREVE HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	102
6. CONTROL FUZZY	148
6.1 CONTROL DIFUSO	148
6.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL DIFUSO	149
6.3 APLICACIONES DE LA LÓGICA BORROSA	150
6.4 CONJUNTO DIFUSO	151
6.5 OPERACIONES CON CONJUNTOS DIFUSOS	154
7. REDES NEURONALES	157
7.1 REDES NEURONALES BIOLÓGICAS (RNB)	157

7.2 ANALOGÍA CON LAS REDES NEURONALES BIOLÓGICAS	160
7.3 DEFINICIÓN RNA SEGÚN DARPA, HAYKIN, COÑEEN	162
7.4 PROCESO DE ESCALAMIENTO	165
7.5 REPRESENTACIÓN DE UNA RNA Y SUS ELEMENTOS	167
7.6 ELEMENTOS DE UNA RED NEURONAL	170
7.7 ENTRENAMIENTO, CALIBRACION Y VALIDACION DE UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL	179
8. METODOLOGIAS Y TECNOLOGÍAS DE SDDF APLICABLES AL CTF	204
8.1 MÉTODOS DE DETECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS	204
8.2 METODOLOGÍAS BASADAS EN REDES NEURONALES	207
8.2.1 SDDF de fallas mediante redes neuronales	207
8.3 METODOLOGÍAS BASADAS EN LÓGICA DIFUSA	209
8.3.1 SDDF mediante sistemas automático difuso	209
8.4 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	215
8.4.1 Inteligencia artificial convencional	215
8.4.2 Inteligencia artificial computacional	215
8.5 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA AUTOMÁTICA PARA EL SISTEMA DE DETECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS	217
8.5.1 Método de decisión de selección binaria (MDSB)	218
9. APLICACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SDDF POR REDES NEURONALES EN MATLAB Y APLICACIÓN DEL CONTROL TOLERANTE A FALLAS PARA EL PROCESO DEL GENERADOR DE VAPOR DE LA TERMOELÉCTRICA TERMOTASAJERO COLGENER	221
9.1 INTRODUCCION DE LA APLICACIÓN Y SIMULACIÓN	221
9.2 SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN EQUIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR USANDO REDES	

NEURONALES ARTIFICIALES PARA LUEGO APLICAR CONTROL TOLERANTE A FALLAS	222
9.2.1 Caso de estudio	222
9.3 SISTEMA DE CONTROL TOLERANTE A FALLOS	223
9.4 CLASIFICACIÓN DE LOS FALLOS	227
9.4.1 Caracterización de la falla en el subsistema 07PP	236
9.5 PROGRESO Y EFECTOS DE LA FALLA	238
9.6 MÓDULO DE APRENDIZAJE DE LA RED	239
9.6.1 Modulo de acomodación de fallos	254
9.7 VALIDACION DEL MODELO PROPUESTO	282
9.8 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO RIESGO (ACBR)	284
9.8.1 Eficiencias de calderas	284
9.8.2 Determinación de eficiencia de calderas	285
9.8.3 Perdidas por escapes de vapor	286
9.8.4 Pérdidas por los costos de mantenimiento	287
9.8.5 Costos del sistema de monitoreo de condición	288
9.8.6 Payback o período de recuperación	288
10. CONCLUSIONES	292
11. RECOMENDACIONES	293
BIBLIOGRAFÍA	294
ANEXOS	298