

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>	<b>Código</b>	FO-SB- 12/v0
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>	<b>Página</b>	1/1

### RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): RICHARD SAMIR APELLIDOS: HERNÁNDEZ MESA

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): FRANCISCO ERNESTO APELLIDOS: MORENO GARCÍA

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): SERGIO ALEXANDER APELLIDOS: CASTRO CASADIEGO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DESARROLLO EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO Y NEUMÁTICO TIPO FUZZY PARA UN MODULO DE SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES

RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad diseñar e implementar un sistema de control tipo Fuzzy para un módulo de entrenamiento de procesos industriales disponible en el laboratorio de energía y control (LIEC) de la Universidad Francisco de Paula Santander, este cuenta con dos plantas independientes entre sí, una térmica y otra neumática, en cuanto a la primera la temperatura se registra con un sensor pt100 de 3 hilos y se lleva a cabo en un horno a escala el cual genera su calor usando una resistencia térmica; la planta neumática consiste en un tanque reservorio el cual recibe la presión de un compresor con 2Hp, las mediciones en el tanque se realizan con un sensor piezorresistivo MBS3000 por su parte el actuador empleado es una válvula tipo bola controlada por voltaje DC. La tarjeta embebida que se usa es la Raspberry Pi B+ para la comunicación de esta con las plantas se emplean conversores análogo-digital en el caso de los sensores, y para el manejo de los actuadores conversores digital-análogo controlados por pwm. La programación es en el lenguaje Python aplicando los conceptos de programación orientada a objetos y la tecnología de multihilos, para la monitorización se desarrolla una interfaz gráfica que permite la interacción de usuario con el proceso para iniciar, pausar o guardar los datos de la sesión de uso, finalmente se aclara que este sistema resultante es completamente de código libre tanto en su hardware como software.

PALABRAS CLAVE: Raspberry Pi, Control, Instrumentación, Fuzzy, Python

PÁGINAS: 104 PLANOS: 0 ILUSTRACIONES: 0 CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha		Fecha		Fecha	

COPIA NO CONTROLADA

DESARROLLO EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO Y  
NEUMÁTICO TIPO FUZZY PARA UN MÓDULO DE SIMULACIÓN DE PROCESOS  
INDUSTRIALES

RICHARD SAMIR HERNÁNDEZ MESA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

DESARROLLO EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO Y  
NEUMÁTICO TIPO FUZZY PARA UN MÓDULO DE SIMULACIÓN DE PROCESOS  
INDUSTRIALES

RICHARD SAMIR HERNÁNDEZ MESA

Proyecto De Grado Modalidad Investigación Para Optar Por El Titulo De

INGENIERO ELECTRÓNICO

DIRECTOR: IE. PHD. FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCÍA

CODIRECTOR: MSC. IE. SERGIO ALEXANDER CASTRO CASADIEGO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

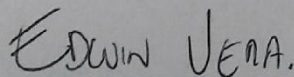
2020

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

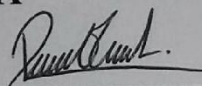
Fecha: CÚCUTA, 06 DE DICIEMBRE DE 2019  
Hora: 15:00  
Lugar: LABORATORIO ESPECIALIZADO LE 206  
Plan de Estudios: INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
Título de la Tesis: "DESARROLLO EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO Y NEUMÁTICO TIPO FUZZY PARA UN MÓDULO DE SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES"  
Jurados: IE MSc. EDWIN JOSE VERA ROZO  
IE MSc. DARWIN ORLANDO CARDOZO SARMIENTO  
Director: IE PhD. FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCIA  
Codirector: IE MSc. SERGIO ALEXANDER CASTRO CASADIEGO

Nombre del Estudiante	Código	Calificación
RICHARD SAMIR HERNANDEZ MESA	1161062	CUATRO, SEIS (4,6)

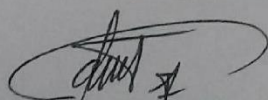
### MERITORIA



EDWIN JOSE VERA ROZO



DARWIN O. CARDOZO SARMIENTO



DINAELE GUEVÁRA IBARRA, IE PhD  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS  
Ciudad

Cordial saludo:

Richard Samir Hernández Meza, identificado(s) con la C.C. N°  
1090500404 autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado  
Desarrollo experimental de un sistema de control de término ... etc. presentado y aprobado en el año 2019 como  
requisito para optar al título de Ing. Electrónico; autorizo(amos) a  
la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que  
con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta  
institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que "los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Richard H.  
1090500404  
FIRMA Y CEDULA

## **Agradecimientos**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, por todo el esfuerzo que ha tenido que realizar para ayudarme a cumplir mis metas, agradezco al ingeniero Francisco y Sergio por su guía académica que permitieron el desarrollo correcto y la culminación de este proyecto, al laboratorio LIEC y sus miembros que han servido de apoyo directa e indirectamente, finalmente a la UFPS y los docentes que participaron en mi formación académica.

## Tabla de contenido

Introducción	16
1. Planteamiento del problema	17
2. Justificación	18
2.1. Beneficios tecnológicos	18
2.2. Beneficios económicos	18
2.3. Beneficios institucionales	19
3. Alcances	20
3.1. Tipo de proyecto	20
3.2. Resultados obtenidos	20
3.2.1. Resultados directos.	20
3.2.2. Resultados indirectos	21
4. Limitaciones y delimitaciones	22
4.1. Limitaciones	22
4.2. Delimitaciones	22
5. Objetivos	23
5.1. Objetivo general	23
5.2. Objetivos específicos	23
6. Marco referencial	24
6.1. Antecedentes	24
6.2. Marco teórico	25
6.2.1. Procesos industriales.	25
6.2.2. Sistemas de control.	26
6.2.3. Raspberry Pi.	27
6.2.4. Conversores.	28

6.2.5.	Fuzzy logic o lógica difusa.	30
6.2.6.	Lenguaje de programación Python.	31
6.2.7.	Protocolo SPI	31
6.3.	Marco legal	32
6.3.1.	GNU, GPL.	32
6.3.2.	Python Software Foundation License (PSF).	32
7.	Diseño metodológico	33
8.	Resultados	36
8.1.	Descripción de la planta	36
8.2.	Selección de sensores	38
8.2.1.	Sensores planta térmica.	39
8.2.2.	Sensores planta neumática.	42
8.3.	Diseño e implementación sensores	44
8.3.1.	Convertor RTD a digital.	44
8.3.2.	Transmisor de presión a digital.	45
8.4.	Diseño e implementación circuitos actuadores	47
8.4.1.	Convertor AC-DC controlado por PWM.	47
8.4.2.	Circuito PWM-DC.	48
8.5.	Calibración PT100	50
8.6.	Comunicación SPI entre RPi y sensores	52
8.7.	Interfaz hombre maquina (HMI)	53
8.7.1.	Interfaz gráfica con Tkinter.	56
8.7.2.	Adquisición de variables (DAQ).	58
8.7.3.	Data logger.	59
8.8.	Diseño e implementación del sistema de control Fuzzy	60



8.8.1.	Controlador Fuzzy de temperatura.	62
8.8.2.	Controlador Fuzzy neumático.	75
8.9.	Divulgaciones	83
	Conclusiones	86
	Recomendaciones	89
	Referencias Bibliográficas	90
	Anexos	94