



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JORGE ALEXANDER APELLIDOS: PALACIOS BELTRÁN

NOMBRE(S): JHONATAN LEONEL APELLIDOS: HERNANDEZ ROJAS

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JOSÉ ARMANDO APELLIDOS: BECERRA VARGAS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL EN UN TANQUE MEZCLADOR CON AGITACIÓN CONTÍNUA

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un módulo didáctico para controlar la temperatura y nivel en un tanque mezclador con agitación continua. Este documento se realiza bajo la modalidad de investigación y desarrollo, con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera. Los resultados presentan la información correspondiente a la dinámica de los sistemas de tanques mezcladores con agitación continua así como las estrategias de control que permitan establecer un controlador óptimo para dicho sistema. Igualmente, se caracteriza la planta y se establece un modelo matemático que cumpla con los parámetros de control implementados en el sistema. Por último, se desarrolla un modelo de guía de laboratorio basada en el módulo implementado y se socializa el proyecto ante la comunidad académica de la Universidad Francisco de Paula Santander.

PALABRAS CLAVE: control de temperatura, tanque mezclador, sistema de agitación continua.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 97 PLANOS:      ILUSTRACIONES:      CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL EN UN  
TANQUE MEZCLADOR CON AGITACIÓN CONTÍNUA

JORGE ALEXANDER PALACIOS BELTRÁN  
JHONATAN LEONEL HERNANDEZ ROJAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016

MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL EN UN  
TANQUE MEZCLADOR CON AGITACIÓN CONTÍNUA

JORGE ALEXANDER PALACIOS BELTRÁN

JHONATAN LEONEL HERNANDEZ ROJAS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de  
Ingeniero Electromecánico

Director

IE MSC. JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS

Ingeniero Electricista

Magister en controles industriales

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016



FACULTAD DE INGENIERIAS  
ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO  
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACION

FECHA: 9 DE NOVIEMBRE DE 2016

HORA: 2:00 PM

LUGAR: SALA LE-103

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "MODULO DIDACTICO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y NIVEL EN UN TANQUE MEZCLADOR CON AGITACION CONTINUA"

JURADOS: Msc. YESENIA RESTREPO CHAUSTRE  
Msc. JULIAN FERREIRA JAIMES

DIRECTOR: Msc. JOSE ARMANDO BECERRA VARGAS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	CÓDIGO	CALIFICACION
JORGE ALEXANDER PALACIOS BELTRAN	1090187	4.4
JHONATAN LEONEL HERNANDEZ ROJAS	1090121	4.4

OBSERVACIONES:

**APROBADA**

FIRMA DE LOS JURADOS:

Yesenia Restrepo Ch.

J.F.

VoBo. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

J. Becerra

Mery L

## **Dedicatoria**

A Dios por la vida y por todo lo que me ha dado, la Gloria es para él.

A mi madre Haidee Beltrán Hernández por su gran ejemplo de lucha y perseverancia, por su gran amor, por sacrificar tantos días y noches desveladas cuidándonos y trabajando para que nunca nos faltara nada, gracias por permitir que junto con mi hermana seamos siempre su primera opción.

A mi padre Jorge Enrique Palacios por su espíritu de alegría y por su amor incondicional, por sus consejos y enseñanzas.

A mi nona Carmen Cuellar por su apoyo incondicional, por su gran amor, por ser imparcial, por ser mi segunda madre y por ser el pilar de mi familia paterna.

A mi hermana Denis Liliana Palacios Beltrán por alentarme en los momentos difíciles de mi vida, por su compañía, por sus consejos y su apoyo incondicional por ser mi amiga, mi confidente.

*Gracias Dios por darme una familia en quien apoyarme.*

*Sin ellos hubiese sido difícil salir adelante en este proceso.*

Alexander Palacios

## **Dedicatoria**

A Dios ya que gracias, a él he logrado cumplir mis metas.

A mis padres María Antonia Rojas y José Pastor Hernández porque ellos le han dado razón a mi vida, por sus consejos, apoyo incondicional, paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis hermanos Martha, José Luis y Franklin que más que hermanos son mis verdaderos amigos.

A mi compañero y amigo Alexander palacios por tener paciencia y estar hay apoyándome en cada momento.

A María Cristancho por ser mi compañera, amiga y confidente.

Jhonatan Hernández

## **Agradecimientos**

A nuestro director de proyecto el Ingeniero José Armando Becerra por creer y aceptar su tutoría a nuestra propuesta, su conocimiento y experiencia, fueron vitales para el desarrollo del proyecto.

A nuestro compañero y amigo, el Ingeniero Fernando Contreras por su asesoría y experiencia en el campo de la automatización.

Al grupo de estudios los menores (Miguel Salazar, Ángel Iván Corzo, Raymond Linares, Juan Ramón, Leonel Ferrer, Luis Amaya, Wilson Rojas, Fabián Daza y autores); excelentes amigos y grandes personas.

A nuestros jurados el Ingeniero Julián Ferreira y la Ingeniera Yesenia Restrepo, por sus asesorías, sus recomendaciones y su gran espíritu de colaboración.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	18
1. Problema	20
1.1 Título	20
1.2 Planteamiento del Problema	20
1.3 Formulación del Problema	21
1.4 Justificación	21
1.5 Beneficios	21
1.5.1 Institucionales	21
1.5.2 Beneficios tecnológicos	22
1.5.3 Beneficios científicos	22
1.5.4 Beneficios sociales	22
1.6 Alcances	22
1.7 Limitaciones y Delimitaciones	23
1.7.1 Limitaciones	23
1.7.2 Delimitaciones	23
1.7.2.1 Delimitación espacial	23
1.8 Objetivos	24
1.8.1 Objetivo general	24
1.8.2 Objetivos específicos	24
2. Marco Referencial	25
2.1 Antecedentes	25
2.2 Marco Teórico y Conceptual	28

2.2.1 Tanque con agitación continúa	28
2.3 Agitación y Mezclado	29
2.3.1 Mecanismos de agitación	29
2.4 Sistemas de Control	30
2.4.1 Definición de sistema de control	30
2.4.2 Elementos de un sistema de control	31
2.4.3 Clasificación de los sistemas de control	32
2.5 Instrumentos de Medición y Control	34
2.5.1 Características de los instrumentos	34
2.5.2 Clasificación de los instrumentos	36
2.6 Medición de Nivel de Líquidos	36
2.6.1 Medición directa	37
2.6.2 Método de medición indirecta	39
2.6.2.1 Instrumentos basados en la presión hidrostática	40
2.6.2.2 Instrumentos basados en características eléctricas del líquido	41
2.7 Medición de Temperatura	41
2.7.1 Instrumentos utilizados en la medición de temperatura	42
2.7.1.1 Termómetro de vidrio	42
2.7.1.2 Termómetros bimetálicos	42
2.7.1.3 Termómetros tipo bulbo y capilar	43
2.7.1.4 Termómetros de resistencia	43
2.7.1.5 Termistores	43
2.7.1.6 Sensor de temperatura de semiconductor	44
2.7.1.7 El termopar	44

2.7.1.8 Pirómetros de radiación	44
2.8 Controladores	44
2.8.1 Acciones de control	44
2.8.1.1 Control de dos posiciones (On – Off)	44
2.8.1.2 Control proporcional (P)	45
2.8.1.3 Control integral (I)	46
2.8.1.4 Control derivativo (D)	46
2.8.1.5 Control proporcional – integral (PI)	47
2.8.1.6 Control proporcional – derivativo (PD)	47
2.8.1.7 Control proporcional - integral – derivativo (PID)	48
2.8.2 Tipos de controladores electrónicos.	49
2.8.2.1 Controlador lógico programable (PLC)	49
2.8.2.2 Microcontrolador	50
2.9 Actuadores y elementos finales de control	51
2.9.1 Actuadores	51
2.9.2 Elementos finales de control	52
2.9.2.1 La válvula de control	52
2.10 Marco Legal	53
3. Diseño Metodológico	55
3.1 Tipo de Investigación	55
3.2 Actividades y Metodologías	55
3.2.1 Actividad 1	55
3.2.2 Actividad 2	55
3.2.3 Actividad 3	56

3.2.4 Actividad 4	56
3.2.5 Actividad 5	57
3.2.6 Actividad 6	57
4. Cálculos e Implementación	58
4.1 Descripción General del Sistema	58
4.1.1 Control de nivel de líquido	58
4.1.2 Control de temperatura	59
4.1.3 Mecanismo de agitación	59
4.2 Selección de los Equipos	61
4.2.1 Controlador	63
4.2.2 Sensores	64
4.2.2.1 Sensor de temperatura	64
4.2.2.2 Sensor de nivel	64
4.2.2.3 Válvula proporcional	66
4.2.2.4 Electrobomba	70
4.3 Modelos Matemáticos y Simulación del Sistema	71
4.3.1 Proceso de nivel	71
4.3.1.1 Caracterización del sensor de presión	73
4.3.1.2 Sintonización de controlador de nivel mediante Ziegler-Nichols	75
4.3.2 Identificación del modelo matemático para el sistema temperatura	77
4.3.2.1 Caracterización del sensor de temperatura	77
4.3.2.2 Acondicionamiento de señales para el sensor PT-100	79
5. Resultados	88
6. Conclusiones	89

7. Recomendaciones	90
8. Costos	91
8.1 Presupuesto Global del Proyecto	91
8.2 Especificación del Personal	91
Referencias Bibliográficas	94