



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER



BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS

## RESUMEN – TESIS DE GRADO

AUTORES WILMAR SÁNCHEZ ZAPATA

FACULTAD DE INGERIERIA

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA ELÉCTRICA

DIRECTOR FERNANDO FUENMAYOR CASTRO

TITULO DE LA TESIS DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE  
RECUPERACIÓN DE DISOLVENTES

### RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue aportar a la industria especialmente a la que utiliza como materia prima compuestos orgánicos volátiles para que adopten el método o diseño tratado, mejoren las instalaciones de la planta, eviten las emisiones indiscriminadas de compuestos tóxicos y explosivos, además que resulta atractivo desde el punto de vista económico por el costo de cada litro de disolvente que se recupera y que puede ser reutilizado en los procesos.

### CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 91

PLANOS:   

ILUSTRACIONES: 37

CD-ROM 1

**DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE RECUPERACIÓN DE  
DISOLVENTES**

**WILMAR SÁNCHEZ ZAPATA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2009**

**DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE RECUPERACIÓN DE  
DISOLVENTES**

**WILMAR SÁNCHEZ ZAPATA**

**Trabajo de grado presentado como requisito  
para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director  
FERNANDO FUENMAYOR CASTRO  
Ingeniero Químico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2009**

**CONVENIO**  
**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**  
**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO 2-2009**

El Jurado Académico del programa de Ingeniería Electrónica, conformado para la evaluación de la sustentación del Proyecto de grado "DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTES", presentado por el estudiante:

NOMBRE	CALIFICACIÓN EN LETRAS	NOTA
<b>WILMAR SANCHEZ ZAPATA</b>	<u>Cuatro punto Nueve</u>	<u>4.9</u>

Y dirigido por el ingeniero **FERNANDO FUENMAYOR CASTRO**

Aprueban la sustentación como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

  
ING. **JEAN PIERRE DIAZ PAZ**  
Jurado 1

  
ING. **CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS**  
Jurado 2

  
ING. **NORMA XIMENA RÍOS COTAZO**  
Directora Programa Ingeniería Electrónica  
Institución Universitaria Antonio José Camacho

  
ING. **JOSE ALEJO RANGEL ROLON**  
Director Plan Estudio Ingeniería Electrónica  
Universidad Francisco de Paula Santander

*A Dios Todopoderoso por guiarme e iluminarme en los momentos más difíciles de mi vida y darme la salud para culminar mi título profesional.*

*A mis padres Amparo Zapata y Octavio Sánchez, por su ejemplo de vida y educarme en el camino del bien.*

*A mi esposa Naudery Barbosa y a mi hijo Leonardo Sánchez, por anteponer mis prioridades a las suyas, pero sobre todo por estar siempre a mi lado.*

**WILMAR SÁNCHEZ ZAPATA**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

Fernando Fuenmayor Castro, Ingeniero Químico, director del proyecto por la confianza y su fundamental apoyo para la culminación del proyecto.

Cesar Augusto Ayala, Gerente de Mantenimiento y Proyectos por haber permitido la realización del proyecto en la Compañía Multinacional Beiersdorf S.A. Colombia.

Horacio Andrés Coral, Ingeniero en Automática Industrial, docente, por su asesoría y orientación.

Juan Pablo Salazar, estudiante de Ingeniería Electrónica, por descubrirme el mundo de las bases de datos y las comunicaciones vía web, a él mi amistad y admiración.

Los docentes de la Institución Universitaria Antonio José Camacho, por la formación académica, profesional y humana.

El equipo del área de mantenimiento de la multinacional Beiersdorf S.A. Colombia, por su constante apoyo, estímulo y participación en el proyecto, a todos ellos por el buen ambiente creado dentro y fuera de la compañía.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	17
1. MATERIAL INTRODUCTORIO SOBRE LOS MÉTODOS USADOS EN EL TRATAMIENTO DE EMISIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES	24
1.1 CARACTERÍSTICAS PARA EL CONTROL DE EMISIONES	24
1.2 MÉTODOS FISICOQUÍMICOS	24
1.2.1 Absorción	25
1.2.2 Condensación	25
1.2.3 Incineración	27
1.2.4 Adsorción	30
1.3 TEORÍA DE CONTROL DE LAZO CERRADO	32
1.4 MODELOS DE BASES DE DATOS	34
1.4.1 Base de datos relacional	34
1.4.2 Lenguaje MySQL	35

1.4.3 Lenguaje de servidor PHP	35
2. HARDWARE DE LA PLANTA Y DE LA INTERFAZ	37
2.1 GENERALIDADES Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE ADSORCIÓN	37
2.2 CARGA DE LOS ADSORBEDORES	39
2.3 DESORCIÓN DEL DISOLVENTE	40
2.4 REFRIGERACIÓN Y SECADO DEL CARBÓN CON AIRE	41
2.5 CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN GENERADA EN LA MÁQUINA APLICADORA	43
2.6 CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA DE LA PLANTA ADSORBEDORA	45
2.6.1 Método experimental	45
2.6.2 Método teórico	48
2.7 CAPACIDAD DE TRABAJO O CONCENTRACIÓN DE SATURACIÓN	49
2.8 MEDICIÓN DE VARIABLES DE INSTRUMENTACIÓN EN CAMPO	50
2.8.1 Equipo utilizado para medición de variables en campo	51
2.9 HARDWARE DE LA TARJETA INTERFAZ	52
2.9.1 Diseño de tarjeta interfaz	53



2.9.2 Sensor utilizado para la medición del disolvente	56
3. SOFTWARE DEL PIC Y LA BASE DE DATOS	57
3.1 SOFTWARE DEL PIC	57
3.2 SOFTWARE DE LA BASE DE DATOS	58
3.2.1 Funcionamiento de la base de datos	59
3.2.2 Script para generación de reportes	59
4. DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTES	61
4.1 MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA DE CONTROL	61
4.1.1 Obtención de la función de transferencia del sistema	63
4.1.2 Análisis de la función de transferencia del sistema	64
4.1.3 Diseño del controlador	67
4.1.4 Análisis del sistema de continuo a discreto	71
4.2 SIMULACIÓN DE TARJETA INTERFAZ	75
4.2.1 Captura de datos y visualización del flujo del disolvente	78
5. CONCLUSIONES	79

6. RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	85