

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	HOJA DE RESUMEN		Página

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): ILSE YOSENNY APELLIDOS: CARRASCAL BARRIENTOS

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JOSÉ RICARDO APELLIDOS: BERMÚDEZ SANTAELLA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE REFRIGERACION Y VENTILACION EN LA UFPS.

### RESUMEN

En este proyecto se realizó un análisis sobre un banco de pruebas de aire acondicionado perteneciente al Departamento de Diseño Mecánico, Materiales Procesos y Térmicas de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) a través de un análisis matemático y cumpliendo las normas estándar que rigen los equipos de refrigeración se validó su correcto desempeño por medio de softwares especializados. Posteriormente se diseñó un programa para observar el comportamiento de los dispositivos que componen estos equipos y de esta manera analizar diversas variables como la temperatura, presión y entalpia, finalmente comprobar el desempeño el ciclo de operación y detectar el bajo rendimiento.

PALABRAS CLAVE: Sistemas de refrigeración, temperatura, presión, entalpia, pérdidas de carga, balance de energía, balance de masa.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 136 PLANOS: 0 ILUSTRACIONES: 55 CD ROM: 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

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE AIRE  
ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y VENTILACIÓN EN  
LA UFPS

ILSE YOSENNY CARRASCAL BARRIENTOS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CÚCUTA  
2018

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE AIRE  
ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y VENTILACIÓN EN  
LA UFPS

Trabajo de investigación para optar por el título de:  
Ingeniero Electrónico

ILSE YOSENNY CARRASCAL BARRIENTOS

Director:

JOSÉ RICARDO BERMÚDEZ SANTAELLA

Msc. Ingeniero Electricista

Codirector:

JOSÉ RAFAEL EUGENIO LÓPEZ

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CÚCUTA

2018

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

Fecha: CÚCUTA, 07 DE SEPTIEMBRE DE 2018

Hora: 14:00

Lugar: AULAS GENERALES AG101

Plan de Estudios: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

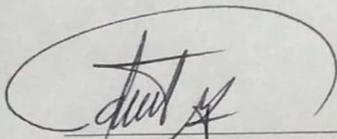
Título de la Tesis: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y VENTILACIÓN EN LA UFPS"

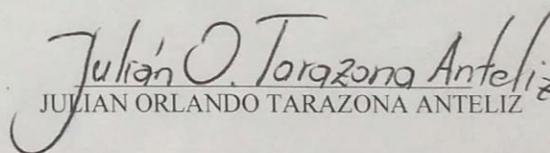
Jurados: IE PhD. DINAEL GUEVARA IBARRA  
IE MSc. JULIAN ORLANDO TARAZONA ANTELIZ

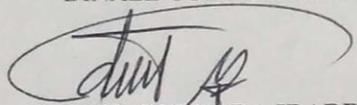
Director: IE MSc. JOSE RICARDO BERMÚDEZ SANTAELLA

Nombre del Estudiante	Código	Calificación
ILSE YOSENNY CARRASCAL BARRIENTOS	1160776	CUATRO, CUATRO (4,4)

### APROBADA

  
DINAEL GUEVARA IBARRA

  
JULIAN ORLANDO TARAZONA ANTELIZ

  
DINAEL GUEVARA IBARRA, IE PhD  
Coordinador (e) Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

## **Dedicatoria**

A Dios mi creador, por brindarme la salud, el bienestar y la sabiduría necesaria para el desarrollo del proyecto, a mi ángel Romelia Barrientos en el cielo, a mis padres Jaison Carrascal e Ilse Barrientos por su apoyo, comprensión y paciencia en todo momento, a mi hermana Tianny Yorgelys Carrascal por sus consejos y palabras de lucha que me dan ánimos de salir adelante y a cada miembro de mi familia que ha estado para apoyarme. También le dedico este logro a esa persona que llena mis días de alegría que me brinda su apoyo y compañía, a mis amigos, que me brindaron su apoyo durante la realización del proyecto y a todas esas personas que siempre están ahí para darme una voz de aliento en los momentos que más necesito, porque de cada uno aprendí algo, que me ayuda cada día a ser mejor persona.

*Ilse Yosenny Carrascal Barrientos*

## **Agradecimientos**

En primer lugar dar gracias a Dios por cada día de vida, por darme la fuerza de realizar este proyecto, a mis padres que se esfuerzan cada día para que nada me falte, al ingeniero Ricardo Bermúdez director del grupo de investigación de desarrollo de procesos industriales por brindarme la oportunidad de desarrollar mi proyecto de grado junto a él, por su colaboración y apoyo en todo momento, al ingeniero Rafael Eugenio por sus constantes asesorías, orientaciones y tiempo entregado al proyecto; a todos los integrantes del Grupo de Investigación de Desarrollo de Procesos Industriales (GIDPI) por sus consejos; a todos mis amigos, ingenieros y compañeros que me dieron su constante apoyo y que fueron parte de mi formación profesional. Muchas gracias a todos por ser parte de este nuevo logro en mi vida.

*Ilse Yosenny Carrascal Barrientos*

## Tabla de Contenido

Introducción	18
1 Descripción del problema	20
1.1 Planteamiento del problema	21
1.2 Justificación	21
1.2.1 Beneficios tecnológicos	22
1.2.2 Beneficios institucionales	22
1.2.3 Beneficios científicos	23
1.3 Objetivos	23
1.3.1 Objetivo general	23
1.3.2 Objetivos específicos	23
1.4 Alcances y limitaciones	24
2 Marco referencial	25
2.1 Antecedentes	25
2.1.1 Trabajos similares	25
2.2 Marco Teórico	29
2.2.1 Termodinámica	29
2.2.1.1 . Ley cero de la termodinámica	29
2.2.1.2 Primera Ley de la Termodinámica o Balance de Energía	30
2.2.1.3 Segunda Ley de la Termodinámica	31
2.2.1.4 Balance de masa	32
2.2.2 Sistemas de aire acondicionado	33
2.2.2.1 Sistemas de Refrigeración	33
2.2.2.2 Sistemas de Ventilación	34
2.2.3 Sistema de compresión a vapor o compresión mecánica	35
2.2.4 Ciclo invertido de Carnot	35
2.2.5 Ciclo de refrigeración ideal por compresión mecánica	37
2.2.5.1 Proceso de compresion	38
2.2.5.2 Proceso de condensación	38

2.2.5.3	Proceso de expansión	38
2.2.5.4	Proceso de evaporación	39
2.2.6	Elementos del sistema de aire acondicionado	39
2.2.6.1	Compresor	40
2.2.6.1.1	Compresor reciprocante hermético	40
2.2.6.2	Condensador	41
2.2.6.2.1	Evaporativos	41
2.2.6.2.2	Enfriado por agua	41
2.2.6.2.3	Enfriado por aire	41
2.2.6.2.4	Características de tamaño	42
2.2.6.3	Evaporador	42
2.2.6.4	Válvula de expansión	42
2.2.7	Fundamentos sobre climatización	43
2.2.7.1	Temperatura y humedad	43
2.2.7.2	Aire contaminado	44
2.2.7.3	Propiedades del aire	45
2.2.8	Cargas Térmicas	45
2.2.8.1	Conducción a través de techos, muros y ventanas	46
2.2.8.2	Conducción a través de estructuras interiores o particiones	46
2.2.8.3	Ganancia de calor por iluminación	47
2.2.8.4	Cargas por persona	47
2.2.8.5	Cargas por equipo	48
2.2.9	Calculo de conductos	48
2.2.9.1	Parámetros principales	49
2.2.9.2	Propiedades Físicas del Aire	50
2.2.9.3	Diámetro Equivalente	51
2.2.9.4	Ecuación de Darcy Wesbach para perdidas de carga	51
2.2.9.5	Pérdidas del conducto	53
2.2.9.6	Pérdidas por singularidades	53
2.2.9.7	Recuperación de presión estática	53

2.2.10 Refrigerantes	55
2.2.11 Software LabVIEW	56
2.2.12 Software Matlab-Simulink	56
2.2.13 Software EES	57
2.3 Marco legal	57
3 Metodología	60
3.1 Desarrollo del modelo matemático para el banco de pruebas del aire acondicionado	60
3.2 Implementar el modelo matemático por medio de la herramienta computacional Matlab-Simulink	61
3.3 Selección de instrumentación requerida para el sistema	61
3.4 Diseño de la interfaz humano maquina (HMI) para el sistema de monitoreo y adquisición de datos a través del software LabVIEW	61
3.5 Divulgación de resultados a la comunidad científica	61
4 Descripción del equipo	63
5 Desarrollo de la investigación	65
5.1 Condiciones de diseño y cálculo de los parámetros del ciclo de refrigeración, aire acondicionado	65
5.1.1 Temperatura de condensación	66
5.1.2 Temperatura de evaporación	67
5.1.3 Trabajo de compresión	68
5.1.4 Capacidad del condensador	68
5.1.5 Efecto refrigerante	69
5.1.6 Flujo másico	69
5.1.7 Coeficiente de funcionamiento	70
5.1.8 Eficiencia del ciclo	70
5.1.9 Potencia teórica calculada	70
5.1.10 Calculo de cargas térmicas	72
5.1.11 Calculo en ductos	76
5.1.11.1 Dimensionamiento del ducto principal	76
5.2 Modelo matemático	78

5.2.1 Modelamiento dinámico del proceso de refrigeración por compresión a vapor	78
5.2.1.1 Clasificación de los modelos dinámicos	80
5.2.1.1.1 Modelo tipo distributive	81
5.2.1.1.2 Modelo tipo lumped	81
5.2.1.2 Suposiciones del modelo	81
5.2.1.2.1 Suposiciones del balance de masa	81
5.2.1.2.2 Suposiciones del balance de energía	82
5.2.2 Modelo del Compresor (VC5)	83
5.2.3 Modelos del condensador y evaporador	87
5.2.3.1 Volumen de control lado aire del condensador (VC3)	87
5.2.3.2 Volumen de control del lado refrigerante del condensador (VC7)	90
5.2.3.3 Volumen de control lado aire del evaporador (VC2)	92
5.2.3.4 Volumen de control del lado refrigerante del evaporador (VC4)	94
5.2.4 Válvula de expansión (VC6)	97
5.2.5 Espacio térmico (VC1)	98
5.3 Simulación y análisis de resultados	100
5.3.1 Datos de la simulación	100
5.3.2 Modelo implementado en Simulink	103
5.3.3 Resultados de la simulación	109
5.4 Selección de la instrumentación	113
5.4.1 Selección del refrigerante	113
5.4.2 Selección de dispositivos	115
5.5 Diseño de la HMI para el monitoreo del sistema	119
5.6 Divulgación de resultados	123
6 Conclusiones	124
7 Recomendaciones	125
Referencias Bibliográficas	127
Anexos	130