



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN TESIS DE GRADO

**AUTOR (ES):**

**NOMBRE (S):** FABIAN LEONARDO

**APELLIDOS:** ALVARADO TORRES

**NOMBRE (S):** JONATHAN

**APELLIDOS:** CAMPO JAIMES

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**DIRECTOR:**

**NOMBRE (S):** KARLA CECILIA

**APELLIDOS:** PUERTO LÓPEZ

**TITULO DE LA TESIS:** SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO PARA EL PROCESO DE DETERMINACIÓN DE CENIZA EN CARBÓN Y COQUE EN EL LABORATORIO DE CARBONES DE INGENIERÍA DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

### RESUMEN:

En el presente documento se desarrolla un sistema de control y supervisión para el proceso de determinación de ceniza en carbón y coque realizado en los laboratorios de minas de la Universidad Francisco de Paula Santander que mejore el desarrollo del procedimiento acercándonos a lo sugerido por la norma técnica Colombiana NTC 1859 DETERMINACION DE CENIZAS EN CARBON Y COQUE que trata de considerar todos los problemas de seguridad y renovar la manera de hacer el procedimiento de acuerdo a las tendencias tecnológicas actuales.

Se realiza un diseño de las fases que componen el sistema, se lleva a cabo la documentación respectiva de las pautas que se siguieron durante la realización del sistema de control y se comparan los resultados de contenido de ceniza en las muestras demostrando así que bajo condiciones controladas de temperatura se obtienen mejores interpretaciones del contenido de ceniza en carbón y coque

Palabras clave: sistema de control, supervisión, temperatura, horno, NTC 1859

### CARACTERÍSTICAS:

**PAGINAS:** 146

**PLANOS:**

**ILUSTRACIONES:** 90

**CD-ROM:** 1

SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO PARA EL PROCESO DE  
DETERMINACIÓN DE CENIZA EN CARBÓN Y COQUE EN EL LABORATORIO  
DE CARBONES DE INGENIERÍA DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO  
DE PAULA SANTANDER

FABIAN LEONARDO ALVARADO TORRES  
JONATHAN CAMPO JAIMES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTA DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2014

SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO PARA EL PROCESO DE  
DETERMINACIÓN DE CENIZA EN CARBÓN Y COQUE EN EL LABORATORIO  
DE CARBONES DE INGENIERÍA DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO  
DE PAULA SANTANDER

FABIAN LEONARDO ALVARADO TORRES  
JONATHAN CAMPO JAIMES

Proyecto presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Electromecánico

Director

I.E, Ms.C Karla Cecilia Puerto López

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2014



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

## ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 24 DE FEBRERO DE 2014

HORA: 04:00 PM

LUGAR: SALA DE JUNTAS DPTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DE LA TESIS: SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO PARA EL PROCESO DE DETERMINACIÓN DE CENIZA EN CARBÓN Y COQUE EN EL LABORATORIO DE CARBONES DE INGENIERÍA DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER.


JURADOS: FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCÍA  
GLORIA ESMERALDA SANDOVAL

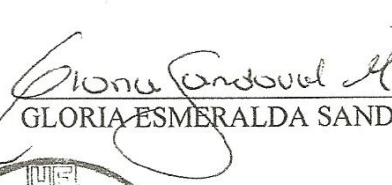
DIRECTOR: KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ


NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
JONATHAN CAMPO JAIMES	1090299	4.5	CUATRO CINCO
FABIAN LEONARDO ALVARADO	1090094	4.5	CUATRO CINCO

### MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS:

  
FRANCISCO ERNESTO MORENO G.

  
GLORIA ESMERALDA SANDOVAL

Vo. Bo.   
IE. PhD. FRANCISCO ERNESTO MORENO G.  
Coordinador Comité Curricular

Jessica G.

A mi familia porque por ellos soy lo que soy. Para mis padres Felix Alvarado Serrano y Zobeida Torres guerrero, por su apoyo y comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios en mi formación académica. A mis hermanos Alex Alvarado Torres y Javier Olivares Torres por su compañía en la búsqueda de este sueño.

A todos mis amigos sin excluir ninguno, pero en especial a Carlos, Alvarito, Kathe, Oscar, Silvia, Edwin, Leidy, Merielen, Fernando, mil gracias por todos los momentos que hemos pasado juntos, los triunfos y derrotas a lo largo de la travesía de ser profesionales

A mi gran amigo y compañero de trabajo de grado Jonathan Campo Jaimes porque la única lucha que se pierde es la que se abandona

A esa persona especial que me ha acompañado en esta última etapa académica, por tu voz de aliento, ánimo y ejemplo de virtudes y destrezas, mi admiración y aprecio a una gran mujer y una gran profesional.

**Fabián Alvarado Torres**

A mi madre Marlene Jaimes Castro y a mi abuela Agripina Castro que con amor hicieron un gran sacrificio por ayudarme en esta etapa de mi vida y que sin importar cual fuera la situación siempre pude contar con ellas

A mi hermano Cristhiam Mauricio Velasco Jaimes por su compañía y apoyo incondicional.

A mi tío Jose Luis Jaimes y al resto de mi familia por creer en mí y por acompañarme en cada momento decisivo de mi vida.

A mi amigo Fabián Alvarado Torres y el resto de amigos de universidad con quienes he pasado los últimos años compartiendo el mismo sueño.

A mis amigos de vida con quienes a través de la música construí lazos inquebrantables.

**Jonathan Campo Jaimes**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A la ingeniera Karla Cecilia Puerto López por el apoyo y la confianza brindada en nuestros conocimientos.

A la Ingeniera Gloria Esmeralda Sandoval por toda su colaboración, disponibilidad y consejos en momentos necesarios.

Al Ingeniero Armando José Becerra con quien tuvimos la fortuna de formarnos profesionalmente. Gracias por compartir su conocimiento y experiencia.

Al señor Elmer Yesid Rojas Salas por su gran contribución al desarrollo de este proyecto.

A nuestro compañero y amigo, Fernando Contreras Atuesta, quien se convirtió en el compañero de trabajo incondicional, aunque no aparezca como tercer autor, sin duda alguna lo fue, muchas gracias por compartir todos sus conocimientos nosotros, su ayuda hizo que este proyecto evolucionara permanentemente.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. PROBLEMA	3
1.1 TITULO	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA	5
1.4 JUSTIFICACION	5
1.4.1 Beneficios tecnológicos	5
1.4.2 Beneficios económicos	6
1.4.3 Beneficios sociales	6
1.4.4 Beneficios empresariales	6
1.5 OBJETIVOS	6
1.5.1 Objetivo general	6
1.5.2 Objetivos específicos	7
1.6 DELIMITACIONES DEL SISTEMA DE CONTROL PRUPUESTO	7
1.6.1 Delimitación geográfica	7
1.6.2 Delimitación temporal	7
1.6.3 Delimitación conceptual	7
2. MARCO REFERENCIAL	8
2.1 ANTECEDENTES	8
2.2 MARCO CONTEXTUAL	9
2.3 MARCO TEÓRICO	10
2.3.1 El carbón	10
2.3.2 Método determinación de cenizas en carbón y coque	11
2.3.2.1 Equipos	12
2.3.2.2 Calibración de la temperatura	13
2.3.2.3 Procedimiento	13

<b>2.3.2.4</b>	Cálculos	13
<b>2.3.3</b>	Hornos	14
<b>2.3.3.1</b>	Gases calientes	14
<b>2.3.3.2</b>	Energía eléctrica	14
<b>2.3.3.3</b>	Descripción de hornos de resistencias	14
<b>2.3.3.4</b>	Recinto del horno	15
<b>2.3.4</b>	Estudio de transferencia de calor en el horno	16
<b>2.3.4.1</b>	Conducción	16
<b>2.3.4.2</b>	Convección	16
<b>2.3.4.3</b>	Radiación	17
<b>2.3.5</b>	Control automático	17
<b>2.3.5.1</b>	Variables Controladas	17
<b>2.3.5.2</b>	Variables Manipuladas	17
<b>2.3.5.3</b>	Controlador Feed Back	18
<b>2.3.5.4</b>	Control de la temperatura	18
<b>2.3.6</b>	Transductores de temperatura	19
<b>2.3.6.1</b>	Termocuplas	19
<b>2.3.6.2</b>	Tipos de termocuplas	20
<b>2.3.7</b>	Acondicionamiento de señal	21
<b>2.3.7.1</b>	Procesos del acondicionamiento de señales	21
<b>2.3.7.2</b>	El amplificador operacional	22
<b>2.3.8</b>	Adquisición de datos	23
<b>2.3.8.1</b>	Descripción de la adquisición de datos	24
<b>2.3.8.2</b>	El microcontrolador como solución a la adquisición de datos	24
<b>2.3.8.3</b>	El microcontrolador	25
<b>2.3.8.4</b>	Protocolo USB	26
<b>2.3.9</b>	Sistemas SCADA	31
<b>2.3.9.1</b>	Funciones principales de un sistema SCADA	31
<b>2.3.9.2</b>	Elementos del sistema	32
<b>2.3.9.3</b>	Labview	34



<b>3.</b>	<b>MARCO LEGAL</b>	<b>36</b>
<b>3.1</b>	<b>NTC 1849 PREPARACION DE MUESTRAS DE CARBON</b>	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>NTC 3266 PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE COQUE</b>	<b>36</b>
<b>3.3</b>	<b>NTC 1859 DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN CARBÓN Y COQUE</b>	<b>36</b>
<b>4.</b>	<b>DISEÑO METODOLOGICO</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>POBLACION Y MUESTRA</b>	<b>37</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Población</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Muestra</b>	<b>37</b>
<b>4.3</b>	<b>INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>37</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Información primaria</b>	<b>37</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Información secundaria</b>	<b>37</b>
<b>5.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCION</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>FUENTE DE ALIMENTACION</b>	<b>39</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Transformador de entrada</b>	<b>40</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Rectificador de diodos</b>	<b>41</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Etapa del filtrado</b>	<b>41</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Regulador</b>	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>SENSOR</b>	<b>43</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Acondicionador de señal para termocupla</b>	<b>44</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Interpretación de los voltajes de salida</b>	<b>44</b>
<b>5.3</b>	<b>EXTRACTORES</b>	<b>49</b>
<b>5.4</b>	<b>VISUALIZADOR LCD 2X16</b>	<b>50</b>
<b>5.5</b>	<b>ETAPA DE POTENCIA</b>	<b>52</b>
<b>5.5.1</b>	<b>Circuito aislador</b>	<b>52</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Funcionamiento del TRIAC</b>	<b>54</b>
<b>5.6</b>	<b>CONSTRUCCION DEL TABLERO DE CONTROL</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>MODELAMIENTO MATEMATICO</b>	<b>59</b>
<b>6.1</b>	<b>POTENCIA DE ENTRADA</b>	<b>60</b>
<b>6.2</b>	<b>PERDIDAS</b>	<b>60</b>

<b>6.2.1</b>	Perdidas de calor por conducción	60
<b>6.2.2</b>	Perdidas de calor por convección	66
<b>6.3</b>	POTENCIA ACUMULADA EN EL SISTEMA	67
<b>6.4</b>	VALIDACION DEL MODELO EN SIMULINK	68
<b>6.4.1</b>	Obtención de la dinámica del sistema	69
<b>6.5</b>	SINTONIZACION DEL CONTROLADOR	75
<b>7.</b>	DESCRIPCION DEL FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR	76
<b>7.1</b>	DEFINICION DE PARAMETROS	76
<b>7.2</b>	PROGRAMA PRINCIPAL	77
<b>7.2.1</b>	Estados y modos de operación	78
<b>7.2.2</b>	Modulación por ancho de pulso PWM	80
<b>7.2.3</b>	Convertor A/D	83
<b>7.2.4</b>	Controlador digital PID	84
<b>8.</b>	DESCRIPCION DE LA INTERFAZ GRAFICA EN LABVIEW	87
<b>8.1</b>	REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE	87
<b>8.2</b>	INSTALACION DE DRIVER MCHPUSB	88
<b>8.3</b>	COMPONENTES DE LA INTERFAZ GRAFICA	89
<b>8.3.1</b>	Inicio	89
<b>8.3.2</b>	Configuración	89
<b>8.3.2.1</b>	Administrador	91
<b>8.3.2.2</b>	Modo de operación	92
<b>8.3.2.3</b>	Tipo de muestra	95
<b>8.3.2.4</b>	Comunicación USB	95
<b>8.3.2.5</b>	Procedimiento	99
<b>8.3.2.6</b>	Reporte	99
<b>8.3.2.7</b>	Empezar y detener proceso	100
<b>8.3.3</b>	Proceso	101
<b>8.3.4</b>	Tablero	102
<b>8.4</b>	PROGRAMACION EN EL DIAGRAMA DE BLOQUES DE LABVIEW	103
<b>9.</b>	ADMINISTRACION DEL PROYECTO	104

<b>9.1</b>	RECURSOS HUMANOS	104
<b>9.2</b>	RECURSOS INSTITUCIONALES	104
<b>9.3</b>	RECURSOS MATERIALES	104
<b>9.4</b>	RECURSOS FINANCIEROS	105
<b>10.</b>	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	115
<b>11.</b>	CONCLUSIONES	116
<b>12.</b>	RECOMENDACIONES	117
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	118
	WEBGRAFIA	120
	ANEXO A. HORNO DE LABORATORIO MLW.	121
	ANEXO B. NORMA NTC 1859.	127
	ANEXO C. DATASHEET AD595.	138
	ANEXO D. ESQUEMATICO DEL CIRCUITO.	139
	ANEXO E. CODIGO DE PROGRAMACION EN EL PIC 18F2550.	140
	ANEXO F. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LABVIEW.	146