

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

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES: BRIAN GONZALO PÉREZ AGELVIS

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR: PhD. JUAN JOSÉ GARCÍA PABÓN

TÍTULO DEL TRABAJO: “ANÁLISIS DE LA EXERGÍA DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN DE LA CALDERA PIROTUBULAR CONTINENTAL F10C DE LA UFPS”

### RESUMEN

En el presente trabajo de grado se realizó el diseño de un intercambiador de calor para precalentar el aire que se introduce junto al combustible antes de los quemadores para la combustión, mejorando la eficiencia y reduciendo el consumo de combustible.

En primer lugar, se desarrolló el modelo matemático de la combustión a partir de las propiedades químicas del combustible, utilizando el principio de reacciones estequiométricas para obtener la composición de los gases, también se tuvo en cuenta la humedad del aire que no reacciona, pero si aparece como producto. Luego se realizó un análisis exergetico para el aprovechamiento del calor emanado de los gases de combustión de chimenea, con una metodología lógica y fundamentada en balances de masa y energía se desarrolló el procedimiento pertinente para la toma, ordenamiento y procesamiento de datos necesarios en la obtención de la eficiencia de combustión y la eficiencia de operación de la caldera. Los cuales fueron los parámetros principales para la propuesta de la inclusión de un intercambiador de calor que se coloca en la chimenea de la caldera donde se utiliza como fluido caliente los gases de combustión y como fluido frio el aire de admisión a la caldera.

PALABRAS CLAVE: Caldera pirotubular, Exergía, Combustión, Gases, Precalentador de aire.

PÁGINAS: 109 PLANOS:     ILUSTRACIONES:     CD ROOM: 1

ANÁLISIS DE LA EXERGÍA DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN LA SALIDA DE  
LA CALDERA PIROTUBULAR CONTINENTAL F10C DE LA UFPS

BRIAN GONZALO PÉREZ AGELVIS

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

2019

ANÁLISIS DE LA EXERGÍA DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN LA SALIDA DE  
LA CALDERA PIROTUBULAR CONTINENTAL F10C DE LA UFPS

BRIAN GONZALO PÉREZ AGELVIS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:

Ingeniero mecánico

DIRECTOR  
PhD. JUAN JOSE GARCIA PABON

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2019

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 09 DE AGOSTO DEL 2019

HORA: 10:00 AM

LUGAR: EDIFICIO CREAD AUDITORIO 4

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA MECANICA

**TÍTULO DE LA TESIS: "ANÁLISIS DE LA EXERGÍA DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN LA SALIDA DE LA CALDERA PIROTUBULAR CONTINENTAL F10C DE LA UFPS"**

Jurados:

MsC.Ing. ORLANDO GUTIÉRREZ  
MsC.Ing. ALBERTO FALLA  
MsC. YUSBELY CECILIA CASTRILLÓN JAIMES

Director:

PhD. JUAN JOSÉ GARCÍA PABÓN

Codirectores:

MsC.Ing. LUIS EMILIO VERA DUARTE  
MsC.Ing. JOSE RICARDO BERMUDEZ SANTAELLA

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
BRIAN GONZALO PÉREZ AGELVIS	1121267	cuatro, tres	4,3

### APROBADA

Ing. ORLANDO GUTIÉRREZ

Ing. ALBERTO FALLA

MsC. YUSBELY CECILIA CASTRILLÓN JAIMES

Vo. Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO G.  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Mecánica

## Dedicatoria

A Dios

Por guiarme e iluminarme en cada paso que doy

A mi abuela Flor Figueredo

Quien me ha ayudado de forma incondicional, me ha enseñado el valor de vida y que siempre hay que seguir adelante y luchar por nuestros sueños sin importar las dificultades y que a pesar de todo el amor de la familia es el que vale.

A mi padre Gonzalo Pérez

Que me ha enseñado el valor de la paciencia y la comprensión y siempre estuvo ahí dándome ánimos para no desfallecer.

A mi tía Margarita Nova

Por su amor brindado y el apoyo incondicional en este proceso.

A mis primos

Que me apoyaron en este camino.

A mis compañeros y amigos

Con quienes compartí muchos momentos, aquellos que siempre tenían una frase de aliento.

Finalmente, a mi gran amada Nathaly Patiño

Quien ha estado siempre para mí, gracias por tu amor, paciencia, comprensión y apoyarme en los momentos más difíciles, por superar cada obstáculo juntos y ser un gran equipo.

## **Agradecimientos**

Al M.Sc. Ing. José Ricardo Bermúdez Santaella por su apoyo investigativo, motivacional. Gracias a su exigencia he logrado avanzar profesional y personalmente para salir bien preparado al mundo.

Al M.Sc. Ing. Luis Emilio Vera Duarte por su apoyo y colaboración en lo académico, económico y por cumplir el rol de co-director en mi proyecto.

Al PhD. Ing. Juan José García Pabón y director del proyecto por su disponibilidad en los momentos que necesite asesoría y en mi proceso de formación como investigador.

Al PhD. Ing. Carlos Eduardo Castilla Álvarez por brindarme asesoría cuando lo necesite y por sus grandes aportes en el desarrollo del proyecto.

A mis compañeros integrantes del grupo GIDPI, por los consejos, sugerencias y ayuda para este trabajo. Muchas gracias.

<b>Contenido</b>		<b>Pág.</b>
Introducción		17
1. Problema		19
1.1 Título		19
1.2 Planteamiento del problema		19
1.3 Formulación del problema		19
1.4 Objetivos		20
1.4.1 Objetivo General		20
1.4.2 Objetivos Específicos		20
1.5 Justificación		20
2. Marco referencial		22
2.1 Antecedentes		22
2.2 Marco teórico		25
2.2.1 Calderas		25
2.2.2 Clasificación de calderas		25
2.2.3 Componentes de una caldera		27
2.2.4 Clasificación de los combustibles utilizados en calderas		30
2.2.5 Propiedades termodinámicas		31
2.2.6 Estados termodinámicos		33

2.2.7	Mecanismos de transferencia de calor	34
2.2.8	Exergía	35
2.3	Marco conceptual	37
2.3.1	Caldera	37
2.3.2	Combustión	37
2.3.3	Energía	38
2.3.4	Exergía	38
2.4	Marco contextual	38
2.5	Marco legal	40
3.	Diseño metodológico	42
3.1	Tipo de investigación	42
3.2	Limitaciones y delimitaciones	42
3.2.1	Limitaciones	42
3.2.2	Delimitaciones	43
3.3	Actividades y Metodología	43
4.	Modelamiento matemático de combustión de la caldera	45
4.1	Combustión estequiométrica	45
4.2	Combustión con exceso de aire	49
4.3	Propiedades de los gases	52
4.4	Análisis de los gases escape de la caldera pirotubular F10C de 10BHP	56

4.5	Equipos y materiales para el análisis de los gases	56
4.6	Resultados de las emisiones de la caldera.	61
4.7	Sistema de medición de consumo de combustible	62
5.	Exergía de los gases	64
5.1	Eficiencia de la caldera	67
5.2	Configuración de los sensores en la DAQ NI 6009	68
5.3	Calibración de los sensores	69
5.4	Interfaz de monitorización	69
6.	Diseño del intercambiador de calor	72
6.1	Intercambiador de tubos y coraza	72
6.1.1	Tubos	72
6.1.2	Diámetro	73
6.1.3	Espesor	74
6.1.4	Número de tubos	75
6.1.5	Tube count	75
6.1.6	Disposición de los tubos	76
6.1.7	Deflectores	77
6.2	Clasificación TEMA de intercambiadores de calor de carcasa y tubo	78
6.2.1	Tipos de carcasa	79
6.2.2	Tipos de cabezal frontal	80

6.2.3	Tipos de cabezal posterior	81
6.3	Cálculo para intercambiador de tubos y coraza	82
6.3.1	Factor de corrección F	83
6.3.2	Coefficiente global de transferencia de calor	84
6.3.3	Caída de presión	87
7.	Diseño del intercambiador de calor en Solidworks	88
7.1	Cálculo del ahorro de combustible	90
7.2	Cálculo del beneficio energético	91
7.3	Cálculo del ahorro económico	91
7.4	Cálculo del aumento en la eficiencia de operación	91
8.	Simulación	93
8.1	Geometría	93
8.2	Enmallado	94
8.3	Simulación en Ansys	95
9.	Conclusiones	97
10.	Recomendaciones	98
	Referencias Bibliográficas	99
	Anexos	104