



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN – TESIS DE GRADO

**AUTORES: OSCAR ELIAS BUITRAGO CRUZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DIRECTOR: CARLOS ARTURO CHACÓN GONZÁLES**

**TITULO DE LA TESIS: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLVILLO DE CARBÓN EN LAS TOLVAS DE ALIMENTACIÓN DE LA CALDERA PARA TERMOTASAJERO S.A. E.S.P**

### **RESUMEN**

En el siguiente trabajo se realizó el análisis del material particulado presente en el aire, para determinar la concentración en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de partículas suspendidas totales (PST), densidad y la manera como se distribuye el tamaño de partícula en el polvillo de carbón. Se diseñó y calculó el sistema de extracción y transporte de polvillo de carbón. Se diseñó y calculó el sistema de separación de partículas de carbón del aire, el cual consistió de un ciclón y un filtro de mangas. Se elaboraron planos y manuales de mantenimiento del sistema. Se realizaron las recomendaciones necesarias a la empresa para lograr la hermeticidad del recinto y así evitar la entrada de corrientes de aire que son las que provocan la expansión del contaminante hacia el exterior.

### **CARACTERISTICAS**

**PAGINAS\_231\_ PLANOS\_1\_ ILUSTRACIONES \_\_\_ CD-ROM\_1\_**

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLVILLO DE  
CARBÓN EN LAS TOLVAS DE ALIMENTACIÓN DE LA CALDERA PARA  
TERMOTASAJERO S.A. E.S.P**

**OSCAR ELIAS BUITRAGO CRUZ**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2008**

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLVILLO DE  
CARBÓN EN LAS TOLVAS DE ALIMENTACIÓN DE LA CALDERA PARA  
TERMOTASAJERO S.A. E.S.P**

**OSCAR ELIAS BUITRAGO CRUZ**

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

**Director  
CARLOS ARTURO CHACÓN GONZÁLES  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2008**



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO**

FECHA: Cúcuta, 8 DE MAYO DE 2008

HORA: 2:00 - 3:00 P.M.

LUGAR: CREAD SALA Nº 3

Plan de Estudios: INGENIERIA MECANICA

Título de la Tesis: "DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA DE RECUPERACION DE POLVILLO DE CARBON EN LAS TOLVAS DE ALIMENTACION DE LA CALDERA PARA TERMOTASAJERO S.A. E.S.P"

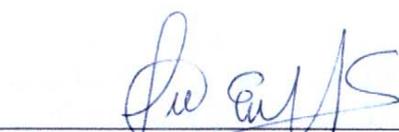
Jurados: Ing. GONZALO ROMERO GARCIA  
Ing. LUIS ARBOLEDA SUAREZ  
Ing. JAIDER TORRES CLARO

Director: Ing. CARLOS ARTURO CHACON GONZALES

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
OSCAR ELIAS BUITRAGO CRUZ	122922	Cuatro, Cero	4,0

**A P R O B A D A**

  
GONZALO ROMERO GARCIA

  
LUIS ARBOLEDA SUAREZ

  
JAIDER TORRES CLARO

  
CAMILO FLOREZ SANABRIA  
Coordinador Comité Curricular

Martha

A mis padres María Inés Cruz Carrillo y Elías Buitrago, quienes con su colaboración y paciencia supieron apoyarme durante el transcurso de mi carrera para la culminación de mi proyecto y lograr mis metas.

A mis hermanos Juan Carlos Buitrago Cruz y Wilson Marino Buitrago Cruz, por entenderme y apoyarme durante el transcurso de mis estudios.

A mi novia Yenny Lorena Patiño Ramírez, por toda su comprensión.

***Oscar Elías Buitrago Cruz***

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor del trabajo expresa sus agradecimientos a:

A la Universidad Francisco De Paula Santander. Por ser mi alma mater, brindarme la oportunidad de crecer y formarme como Profesional.

A la empresa TERMOTASAJERO S.A. E.S.P. Por darme la oportunidad de realizar este trabajo en sus instalaciones.

Al Ingeniero Gerson Rodríguez. Asesor del trabajo de Grado en la empresa. Por compartir sus conocimientos y experiencia profesional conmigo, para ser posible la realización de este trabajo.

Al Ingeniero Carlos Arturo Chacón Gonzáles. Director del trabajo de Grado. Por sus asesorías y experiencia, para ser posible la realización de este proyecto.

Al centro de estudios de Ingeniería Mecánica CEIM, por su colaboración cuando más lo necesitamos, y por los buenos momentos compartidos con nuestros compañeros de carrera.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	29
1. PROCESAMIENTO DEL CARBÓN	33
1.1 GENERALIDADES DE LA PLANTA	33
1.1.1 Generación de energía	33
1.1.2 Consumo de carbón	33
1.2 PESAJE Y DEPÓSITO DE CARBÓN	34
1.3 VIBRADORES DE ALIMENTADORES Y BANDA CC-1	34
1.4 CASETA DE TRITURACIÓN	35
1.4.1 Separador electromagnético	35
1.4.2 Zarandas vibratorias	35
1.4.3 Trituradores de carbón y tolvas	36
1.5 BANDAS TRANSPORTADORAS CC-2 CC-3 CC-4	36
1.6 ALIMENTADORES Y TOLVAS DE ALIMENTACIÓN	37

1.7 PULVERIZADORES DE CARBÓN	37
1.8 ESQUEMA DEL TRATAMIENTO DEL CARBÓN EN LA PLANTA	39
2. CALIDAD DEL AIRE Y SU CONTAMINACIÓN	41
2.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AIRE	41
2.1.1 Físicas	41
2.1.2 Químicas	41
2.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE	42
2.3 CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES	45
2.4 EL POLVILLO DE CARBÓN Y SU ORIGEN	46
2.5 NORMATIVIDAD AMBIENTAL EN COLOMBIA	47
3. EFECTOS DEL CONTAMINANTE EN LA SALUD DE LAS PERSONAS	50
3.1 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL APARATO RESPIRATORIO	50
3.2 VÍAS DE INGRESO DE LAS PARTÍCULAS	51
3.3 DISTRIBUCIÓN DEL POLVILLO EN EL ORGANISMO	51

3.4 ÓRGANOS AFECTADOS Y TIPO DE DAÑO	51
3.5 ENFERMEDADES Y MALESTARES CAUSADOS	52
3.5.1 Neumoconiosis	52
3.5.2 Gripe e irritación en la garganta	52
3.5.3 Malestar e irritación en los ojos	53
3.5.4 Tos seca y dificultad para respirar	53
3.5.5 Enfisema	53
4. ANÁLISIS DEL MATERIAL PARTICULADO	55
4.1 ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE P.S.T	55
4.1.1 Fundamento del método	55
4.1.2 Calibración del equipo muestreador	55
4.1.3 Procedimiento	60
4.1.4 Cálculos	62
4.1.5 Datos recolectados y resultados de concentración	64
4.1.6 Evaluación de la exposición ocupacional al polvo de carbón	66

4.2 ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA DEL POLVILLO DE CARBÓN	68
4.2.1 Equipos	69
4.2.2 Procedimiento	69
4.2.3 Datos de pruebas de tamizado	71
4.2.4 Promedio de las pruebas de tamizado	72
4.2.5 Resultados de análisis de granulometría	73
4.3 PÉRDIDA DE CARBÓN AL AÑO EN FORMA DE POLVILLO	73
4.3.1 Procedimiento	73
4.3.2 Datos recolectados	75
4.3.3 Resultados de los análisis de pérdida de carbón	75
4.4 DENSIDAD DEL POLVILLO DE CARBÓN	79
5. SISTEMAS DE VENTILACIÓN Y CAPTACION DE AIRE	80
5.1 VENTILACIÓN LOCALIZADA O PUNTUAL	80
5.2 VENTILACIÓN GENERAL	80
5.2.1 Ventilación natural	80

5.2.2 Ventilación mecánica	81
5.3 CAPTACIÓN DE POLVILLO	81
5.3.1 Velocidad de captura	82
5.3.2 Perdidas de presión en campanas	84
6. CÁLCULO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	85
7. CÁLCULO DEL CICLÓN	87
7.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	88
7.2 TIPOS DE CICLONES	90
7.3 ESQUEMA Y RELACIONES	91
7.3.1 Esquema	91
7.3.2 Relaciones	91
7.4 DIAMETRO DEL CICLÓN	92
7.4.1 Parámetros	92
7.4.2 Calculo del diámetro (Dc)	93
7.5 CÁLCULO DE LAS DEMÁS DIMENSIONES	94

7.6 DIAMETRO CRÍTICO	96
7.7 CAIDA DE PRESIÓN Y SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL CICLÓN	99
7.7.1 Caída de presión	99
7.7.2 Selección del material del Ciclón	101
7.8 EFICIENCIA	102
7.9 DESCARGA DEL CICLÓN	104
8. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	105
8.1 MATERIAL DE LOS DUCTOS	105
8.2 VELOCIDAD DE TRANSPORTE	106
8.3 FACTOR DE CORRECCION DEL MATERIAL	108
8.4 ESQUEMA DEL SISTEMA Y DIAMETROS COMERCIALES	108
8.5 CÁLCULOS	110
8.5.1 Diámetros, factor de corrección del material y pérdidas en tubería recta	110
8.5.2 Número de Reynold y cabeza de velocidad	113

8.5.3 Campanas y válvulas	115
8.5.4 Pérdidas en otros accesorios y partes	121
8.5.5 Sección 1-2	130
8.5.6 Sección 2-3	131
8.5.7 Sección 3-4	132
8.5.8 Sección 4-Ce, Cs-Fe y Fs-V	133
8.5.9 Tubería aspiración manual	136
8.6 RUTA CRÍTICA	139
9. FILTRO DE MANGAS JET PULSE	141
9.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	143
9.2 TIPOS DE FILTROS DE MANGAS	144
9.3 DATOS DE ENTRADA	145
9.4 MEDIO FILTRANTE	146
9.5 DIMENSIONES DE LA MANGA	149
9.6 NUMERO DE MANGAS Y DISTRIBUCIÓN	150

9.7 SISTEMA DE LIMPIEZA	154
9.7.1 PLC (controlador electrónico) y sensor Diferencial de presión	154
9.7.2 Tanque pulmón y electroválvulas	158
9.7.3 Flautas	160
9.8 DESCARGA DEL FILTRO	161
9.9 CAIDA DE PRESION Y EFICIENCIA DEL FILTRO	163
9.9.1 Caída de presión	163
9.9.2 Eficiencia	168
10. VENTILADOR	175
10.1 TIPOS DE VENTILADORES CENTRIFUGOS	175
10.2 CALCULO DE LA POTENCIA AL FRENO	176
11. DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS	178
11.1 FACTOR DE SEGURIDAD	178
11.2 ESTRUCTURA DEL CICLÓN	179
11.2.1 Esquema de la estructura	179

11.2.2 Cargas	179
11.2.3 Cálculos	180
11.3 ESTRUCTURA DEL FILTRO DE MANGAS	184
11.3.1 Esquema de la estructura	184
11.3.2 Cargas	184
11.3.3 Cálculos	186
12. CONSTRUCCIÓN	189
12.1 HERRAMIENTAS	189
12.2 CAMPANAS	190
12.3 DUCTOS	191
12.4 CICLÓN	192
12.5 FILTRO DE MANGAS	196
13. OPERACIÓN	202
14. MANTENIMIENTO	203
14.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRANSPORTE DE POLVILLO	203

14.2 CICLÓN	203
14.3 FILTRO	204
14.3.1 Válvulas de disparo del sistema de limpieza	205
14.3.2 Mangas	205
14.3.3 Problemas causas y soluciones	207
15. COSTOS	209
16. CONCLUSIONES	211
17. RECOMENDACIONES	213
BIBLIOGRAFÍA	214
ANEXOS	215