



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Dimensionamiento de un Horno para la Eliminación de Desechos
Hospitalarios en Zonas Rurales con Minimización de
Contaminantes en la Fuente.”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Emérita Alexandra Delgado Plaza

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2006

AGRADECIMIENTO

A Dios.

Dr. Alfredo Barriga Director de Tesis. Ing. José CARlozama, A mi Novio Sr. Juan Peralta, a mi tía MSc. Jesús Victoria Plaza, por la ayuda que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi madre, Sra. María Plaza, a mi padre Sr. Héctor Delgado, y a mi tío Exequiel Plaza, por la confianza y el apoyo que han sido de gran importancia para mi vida Académica.

A la vez esta tesis es dedicada para aquellas personas que pudieren servirle para ampliar sus conocimientos sobre el método de la Incineración.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Dra. Cecilia Paredes V.
DECANA (e) DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Dr. Alfredo Barriga R.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

Ing. Jorge Duque R.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Emérita Delgado Plaza

RESUMEN

El problema ambiental es considerado actualmente como un desafío técnico que exige mucho en cuanto a control, prevención y conocimiento riguroso que sirva para tomar medidas correctivas.

Los residuos generados en los centros de salud tanto rurales como urbanos cuenta con una inadecuada recolección, transporte, almacenamiento y disposición final de los mismos, lo cual puede provocar daños físicos serios e infecciones graves al personal que labora en estos centros, a los pacientes y a la comunidad en general.

Además provoca contaminación atmosférica, del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas; a lo cual se suma el deterioro estético del paisaje natural y de los centros urbanos.

Los principales objetivos del presente trabajo será dimensionar un incinerador apropiado y eficiente que pueda ser utilizado en los hospitales rurales, para reducir el peligro asociado con los desechos y a su vez disminuir el volumen de los mismos; a través de la exposición de estos desechos hospitalarios a altas temperaturas superiores a 1200 °C durante un periodo de tiempo no menor a 2 segundos el cual es suficientemente largo para destruir organismos que pudieran ser una amenaza para el medioambiente y la salud pública. El poder calorífico para mantener el proceso de combustión es obtenido a través de los mismos residuos y del combustible auxiliar, al ser quemados en presencia de aire.

En los capítulos 1 y 2 se revisan los fundamentos teóricos; explicando la tipología de los desechos hospitalarios; se presenta un análisis de las regulaciones ó normativas que se utilizan para el proceso de incineración, en los capítulos 3 y 4 se presentan los procedimientos de cálculos para el dimensionamiento del horno; la cantidad de combustible necesario para operar el incinerador y lograr el tiempo de residencia de los gases dentro de los límites preescritos. Además se considera el calentamiento transciende del horno y en estado estable, en el cual la temperatura inicial de la masa del refractario será de 30°C y la temperatura de entrada en la cámara de combustión primaria

deberá llegar a un valor de temperatura apropiada. En el capítulo 5 se realiza un análisis de los costos de construcción y operación del equipo. Como último paso en el capítulo 6 se presentan las conclusiones y observaciones obtenidas durante el estudio realizado.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE TABLA.....	VII
INDICE DE PLANO.....	VIII
INTRODUCCION.....	1
 CAPITULO 1	
1. TIPOLOGIA DE LOS DESECHOS.....	6
1.1 Desechos no Peligrosos.....	7
1.1.1 Ordinarios o comunes.....	7
1.1.2 Inertes	7
1.1.3 Biodegradables.....	8
1.1.4 Reciclables.....	8
1.2 Desechos Peligrosos	8
1.2.1 Residuos Infecciosos o de Riesgo Biológico.....	9

1.3 Desechos Químicos	12
1.3.1 Fármacos.....	12
1.3.2 Citotóxicos Especiales.....	13
1.3.3 Metales Pesados.....	13
1.3.4 Residuos Radiactivos.....	13
1.4 Caracterización de residuos incinerables.....	18

CAPITULO 2

2. NORMATIVAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO

Y ELIMINACION DE DESECHO HOSPITALARIOS.....24

2.1 Normativas utilizadas para la disposición de los desechos hospitalarios.	25
2.2 Normativas recomendadas para la incineración.....	32
2.3 Distribución de los desechos en los centros de salud.....	36
2.3.1 Colores y símbolos recomendados para las fundas utilizadas en la distribución de los desechos.	39
2.3.2 Características que debe reunir el ambiente de almacenamiento de residuos sólidos hospitalario.....	42
2.4 Manejos de residuos incinerados.....	44

CAPITULO 3

3. DIMENSIONAMIENTO DE LA CAMARA DE COMBUSTIÓN	46
3.1. Materiales refractarios y sus características.....	47
3.2. Calentamiento de la pared.....	59
3.3 Calculo de la cámara de combustión.....	76
3.3 Tiempo de residencia.....	86
3.4 Selección de la Parrilla.....	89
3.5 Selección de quemadores y soplador.....	92

CAPITULO 4

4. COMBUSTIÓN Y CONTROL DE CONTAMINANTES.....	103
4.1 Análisis químico del combustible.....	104
4.2 Emisiones de contaminantes productos de la incineración.....	111
4.2.1 Análisis estequiometrico de los desechos mas combustible.....	116
4.2.2 Requerimiento de aire en exceso.....	125
4.2.3 Tasa de emisiones.....	130
4.3 Dimensionamiento del banco de tubo.....	132
4.4 Dimensionamiento de la chimenea.....	150
4.5 Análisis de tiro.....	168

CAPITULO 5

5. COSTOS	171
5.1 Costo de Construcción.....	171
5.2 Costo de operación.....	174

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
------------------------------------------------	-----

APENDICE

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

cal/ Kg	Calorías sobre Kilogramos
°C	Grado Centígrado
Cm	Centímetros
ft ³ /min	Pies cúbicos sobre minutos
g/cm ³	Gramo sobre centímetro cúbico
GPH	Galones por horas
J/ Kg K	Joule sobre Kilogramo Kelvin
Kg/ m ³	Kilogramo sobre metro cúbico
Kpa	Kilo pascales
KJ / h	Kilo Joule sobre hora
K	Grados Kelvin
mg /m ³	Miligramos sobre metro cúbico
m/s	Metro sobre Segundo
m	Metro
N/m ²	Newton sobre metro cuadrado
r.p.m	Revoluciones por minuto
s	Segundo
uma	Unidad de masa atómica
μg/m ³	Microgramo sobre metro cúbico
w/ m K	Watt sobre metros kelvin

SIMBOLOGÍA

Al_2O_3	Trióxido de Aluminio
A_{llama}	Área de la llama,
A_{ext}	Área del horno
CaO	Monóxido de Carbono
C max;	Concentración máxima
C_p	Calor Específico
D_{ex}	Diámetro externo
D_{in}	Diámetro interno
ε	Emisividad.
E_{pared}	Energía almacenada en la pared
Fe_2O_3	Trióxido de Hierro II
F	Factor de forma
f_L	Calor latente
F_b	Parámetro de Boyantes
Fo	Número de Fourier
g ;	Gravedad
hr	Coefficiente de transferencia de calor por radiación
Δh	Altura de la pluma
hc	Coefficiente de transferencia de calor por convección
H:	Altura Efectiva de la chimenea
H_o	Altura real de la chimenea
H_2O	Agua
K_2	Potasio Gaseoso
k	Conductividad térmica del material
Le	Longitud efectiva
MgO	Monóxido de Magnesio
\dot{m}	Flujo volumétrico
m_{aire}	Peso molecular del aire
m_{fuel}	Peso molecular del combustible

N_{cont} :	Numero de moles del contaminante
$N_{u,D}$	Número de Nusselt
N_T	Número total de tubos
n ;	Número de chimeneas
Na_2O	Oxido de Sodio
ΔP_r	Pérdidas a lo largo de la chimenea
PM_{cont} :	Peso molecular del contaminante
Δp	Caída de presión
q_{rad}	Pérdida de calor por radiación
Q_C ;	Razón de flujo volumétrico de salida
Q ;	Caudal máximo de sustancias contaminantes
$R_{e,D}$	Numero de Reynolds
S_T ,	Separación transversal,
S_L	Separación longitudinal S_L .
SiO_2	Dióxido de Silicio
Δt	Intervalo de tiempo
T_w ;	Temperatura de la pared
T_{gas} ;	Temperatura de gas
T_s ;	Temperatura de salida de los gases
T_a ;	Temperatura atmosférica
$t_{\text{residencia}}$	Tiempo de residencia
ΔT_{ml}	Temperatura media logarítmica
μ	Viscosidad
U	Coeficiente global de transferencia de calor
U_C ;	Velocidad de salida de la chimenea
V_{gas}	Velocidad de los gases
Δx	Intervalos de división del espesor de la pared
σ_y, σ_z	Parámetros de dispersión o de distribución
α	Difusividad térmica media
ρ	Densidad del material
ρ_{aire}	Densidad del aire
σ	Constante de Stefan Boltzmann

ÍNDICE DE FIGURAS



	Pág.
Figura 1.1	Tipos de desechos infecciosos 11
Figura 1.2	Tipos de desechos especiales 13
Figura 2.1	Incinerador de dos cámaras 35
Figura 2.2	Símbolo Universal de riesgo biológico o residuo infeccioso 41
Figura 2.3	Acondicionamiento de residuos en bolsas plásticas de color 41
Figura 2.3	Precauciones para evitar la contaminación 44
Figura 3.1	Esquema de la pared del incinerador 58
Figura 3.2	Gráfico del Método de Schmidt 68
Figura 3.3	Grafica de Schmidt – Temperatura Vs. Espesor de la pared 72
Figura 3.4	Grafica de superficie en base al método de Schmidt..... 73
Figura 3.5	Variación de la temperatura del gas en un determinado periodo 73
Figura 3.6	Variación de la temperatura durante las cinco primeras horas 74
Figura 3.7	Flujos de entradas y salidas en el proceso..... 77
Figura 3.8	Esquema de la parrilla 90
Figura 3.9	Esquema de la localización de las Guías y de la parrilla en el interior de la primera cámara 90
Figura 3.10	Quemador industrial con rotación y toroide de recirculación..... 93
Figura 3.11	Estabilización de la llama, soplado por varios gases 101
Figura 3.12	Soplado de quemadores 102
Figura 4.1	Balance de flujo masico en el sistema..... 111

Figura 4.2	Diagrama de Ostwald	129
Figura 4.3	Dimensionamiento del acople	132
Figura 4.4.	Temperaturas de entrada y salida del Intercambiador.....	135
Figura 4.5	Arreglos de tubos en un banco de tubo escalonado.....	139
Figura 4.6	Distribución de temperaturas.....	140
Figura 4.7	Curva para determinar el factor de fricción Para arreglo de tubos escalonados.....	148
Figura 4.8	Esquema del Intercambiador.....	149
Figura 4.9	Curva de concentración de CO ₂	163
Figura 4.11.	Esquema de dispersión de una chimenea	166
Figura 4.12	Factor de fricción para flujo completamente Desarrollado en un tubo circular.....	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Generación de los desechos hospitalarios.....	14
Tabla 1.2	Características de humedad, cenizas y poder calorífico para los diferentes tipos de residuos.....	23
Tabla 3.1	Características técnicas y especificaciones del ladrillo Refractario.....	50
Tabla 3.2	Propiedades termo física de la arena sílice.....	54
Tabla 3.3	Características técnicas y especificaciones del cemento refractario.....	55
Tabla 3.4	Variación de la temperaturas en función del tiempo y del incremento de distancia en la pared	69
Tabla 3.5	Variación de temperaturas durante las primeras 5 horas de operación del incinerador	75
Tabla 3.6	Distribución y cálculo del peso seco para los diferentes residuos.....	80
Tabla 3.7	Poder calorífico de los residuos	81
Tabla 3.8	Valores de la energía total almacenada	83
Tabla 3.9	Propiedades del fuel oil n° 2	84
Tabla 3.10	Consumo de combustible por hora.....	85
Tabla 3.11	Tiempo de residencia	87
Tabla 3.12	Dimensionamiento de las cámaras.....	88
Tabla 3.13	Características técnicas del quemador principal	95
Tabla 3.14	Características técnicas del quemador secundario	96
Tabla 4.1	Características técnicas de fuel oil n° 2	105
Tabla 4.2	Concentraciones en base húmeda y en base seca.....	106
Tabla 4.3	Masa de los productos generados por el combustible.....	109
Tabla 4.4	Límites de emisiones establecido por la unión europea *.....	112
Tabla 4.5	Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación a partir de enero de 2003.....	114
Tabla 4.6	Cantidad de masa seca y húmeda de los residuos	116
Tabla 4.7	Composición de los desechos hospitalarios (porcentaje).....	119
Tabla 4.8	Composición de los desechos hospitalarios más combustible (peso seco)	120
Tabla 4.9	Composición de los desechos hospitalarios más combustible (peso húmedo)	121

Tabla 4.10	Cantidad total de elementos generados en la mezcla de residuos mas combustible	122
Tabla 4.11	Concentraciones en base húmeda y en base seca	124
Tabla 4.12	Peso de los productos generados por los desechos	125
Tabla 4.13	Porcentaje de exceso de aire con variación de O_2 y CO_2	126
Tabla 4.14	Contaminantes productos de la combustión.....	131
Tabla 4.15	Constante de la ecuación 4.20 para el flujo de aire sobre un banco de tubos	142
Tabla 4.16	Diámetros Schedule 40.....	144
Tabla 4.17	Separación transversal 1.5 numero de tubos necesario para cada sección dependiendo de los diámetros del tubo..	145
Tabla 4.17	Separación transversal 1.25 numero de tubos necesario Para cada sección dependiendo de los diámetros del tubo.....	145
Tabla 4.18	Dimensionamiento del intercambiador diámetro de 1" Schedule 40	146
Tabla 4.19	Numero de reynolds y nusselt (4 pasos).....	147
Tabla 4.20	Tasa de transferencia de calor (q) vs. Tasa de cambio de energía (e)	147
Tabla 4.21	Caída de presión del intercambiador de calor utilizando Tubos de 1"	148
Tabla 4.22	Valores de p	159
Tabla 4.23	Coefficiente de dispersión rurales de briggs	160
Tabla 4.24	Factor para evaluar la concentración en función del tiempo	161
Tabla 4.25	Concentración de CO_2 en la atmósfera	162
Tabla 4.26	Concentración de SO_2 en la atmósfera	165
Tabla 4.27	Parámetros de dispersión σ_y y σ_z	167
Tabla 5.1	Materiales y equipos directos	172
Tabla 5.2	Mano de obra	173
Tabla 5.3	Costos indirectos	173

ÍNDICE DE PLANO

PLANO A1. Incinerador Hospitalario



CIB-ESPOL

INTRODUCCIÓN

La tesis consiste en dar una solución para el tratamiento de los residuos sólidos generados en los centros de salud de las diferentes zonas rurales del cual radica en transformar las características físicas, químicas y biológicas de un residuo peligroso en uno menos peligroso para hacer más segura las condiciones de almacenamiento, transporte o disposición final.

En el Ecuador se cuenta al momento con un Reglamento que regula el Manejo Interno de los Residuos Hospitalarios y, desde hace 4 años, se viene trabajando en este tema, desde diferentes enfoques e instituciones.

En la actualidad existen diversos sistemas de tratamiento para la desinfección de estos desechos. Los sistemas más utilizados son desinfección térmica húmeda (autoclave), desinfección por microondas, desinfección por incineración, y relleno sanitario.

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO MÁS USADAS

	Incineración	Autoclave	Microondas	Relleno Sanitario – Enterramiento Controlado
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> -Reduce el volumen en un 80- 95% -Eliminación instantánea de patógenos si se opera adecuadamente -Alto grado de efectividad -Destruye cualquier material que contiene carbón orgánico -Aplicable a cualquier tipo de residuo. - Ausencia de malos olores -Reducción del 70 % del peso inicial 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto grado de efectividad - No emisiones gaseosas peligrosas - Fácil operación, no hay riesgo - Efluentes estériles - Riesgo bajo la contaminación , reducción de peso por deshidratación 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce el volumen en 60% - No emisiones gaseosas peligrosas - Bajo riesgo de operación - No tiene efluentes - Alto grado de efectividad - Contaminación mínima 	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil instalación y operación -Medianos a bajo costo de instalación - Bajo costo de operación

1. Obtenido del manual de manejo de desechos en establecimiento de salud (Fundación Natura)

2. CEPIS – OPS Asesoría técnica para desechos Hospitalarios

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO MAS USADAS

	Incineración	Autoclave	Microondas	Relleno Sanitario – Enterramiento Controlado
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo en combustible - Riesgo en la operación - Costo de mantenimiento elevado. - Conlleva el riesgo de posibles emisiones y sustancias tóxicas en la atmósfera. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesita un tratamiento posterior para hacer irreconocibles los residuos. - Requiere de línea a vapor. - No reduce el volumen de los desechos tratados - Puede producir malos olores - alto a medianos costo de instalación 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo de inversión. - Alto costo de mantenimiento. - Requiere personal entrenado para su operación. - No todos los parásitos y bacterias son destruidos. - No es apropiado para tratar 800 y 1000 kg de desechos 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación del suelo

1. Obtenido del manual de manejo de desechos en establecimiento de salud (Fundación Natura).

2. CEPIS – OPS Asesoría técnica para desechos Hospitalarios.

De estos diferentes tratamientos se optó por el método de incineración, que desde el punto de vista técnico es más viable su construcción, mantenimiento y diseño ya que al momento en el país existen materiales y personal capacitado para la elaboración y puesta en marcha de estos equipos

El incinerador deben contar con doble cámara: primaria, que alcanza temperaturas entre 600 y 850 °C; y con cámara secundaria con temperaturas superiores a los 1200 °C; y tiempo de residencia de 2 s, además de contar con un sistema que permita disminuir la temperatura y emisiones de contaminantes que no fueron destruidos completamente en la cámara secundaria, antes que los gases de combustión circulen por la chimenea.

La finalidad del proceso de incineración es reducir el volumen de los residuos mediante un proceso de oxidación de los componentes orgánicos, logrando así disminuir el riesgo de contaminantes de este proceso se obtiene cenizas y escorias inorgánicas que pueden ser reutilizados o eliminados en vertederos de un modo más seguro. De igual forma, también se puede recuperar la energía del sistema logrando de este modo menos consumo de combustible.

Sin embargo, el funcionamiento inadecuado de estos incineradores puede generar a la atmósfera contaminantes perjudiciales para la salud. Los residuos peligrosos incinerables pueden contener, además de compuestos orgánicos, metales pesados, cloro, azufre, etc. que pueden formar sustancias orgánicas parcialmente oxidadas y ácidos.

Estos equipos operan con máxima eficiencia cuando los desechos que se queman tienen un poder calórico suficientemente alto, es decir, cuando la combustión produce una cantidad de calor suficiente para evaporar la humedad de los desechos y mantener la temperatura de combustión.

CAPITULO 1

1. TIPOLOGIA DE LOS DESECHOS

Los desechos son considerados una heterogénea gama de objetos que se generan como resultado de las múltiples actividades humanas. Por sus cualidades físicas pueden ser materiales inertes (metales, vidrios, tierra y otros), materiales fermentables (restos orgánicos) y materiales combustibles (papel, cartón, plásticos, madera, goma, etc.).

Los residuos de los establecimientos de salud u hospitalarios se caracterizan por estar contaminados con agentes infecciosos o que pueden contener altas concentraciones de microorganismos que son de potencial peligro para la comunidad.

Un mal manejo de desechos puede facilitar la transmisión de enfermedades intrahospitalarias, causando un aumento en el número de días de hospitalización, en los costos de tratamiento y la mortalidad.

1.1 Desechos no Peligrosos

Son los residuos que se generan diariamente en algunas actividades comunes en un hospital, clínica, en nuestras casas y en oficinas. En general estos residuos no presentan ningún tipo de riesgo para la salud humana y el medio ambiente si se manejan adecuadamente. Son residuos que pueden ser en su gran mayoría reciclables o reutilizables. Dentro de esta categoría están.

1.1.1 Ordinarios o comunes

Son los generados en el desempeño normal de actividades. En general estos residuos se generan en todos los sitios del hospital como oficinas, pasillos, áreas comunes y cafeterías. Ejemplo papeles, bolsas, botellas y material típico generado en oficinas y que no están contaminados por ningún tipo de fluido corporal. Estos residuos pueden ser entregados al sistema de recolección de basuras del municipio sin ningún tipo de tratamiento y pueden ser reciclados para un uso posterior.

1.1.2 Inertes

Son residuos que por su naturaleza no permiten una fácil descomposición, su transformación en materia prima y su

degradación natural requiere de grandes períodos de tiempo. Algunos tipos de papel, plásticos.

1.1.3 Biodegradables

Son residuos químicos o naturales que se desintegran en el ambiente, sin alterarlo ni producir riesgo alguno para la salud. En estos se encuentran residuos vegetales, residuos alimenticios de cocina y cafeterías, papeles que no son aptos para el reciclaje, algunos jabones, detergentes y otros residuos que se puedan transformar fácilmente en materia orgánica y pueden ser entregados al servicio de recolección de basuras del municipio para ser llevados al relleno sanitario.

1.1.4 Reciclables

Son residuos que pueden volver a ser utilizados como materia prima en procesos productivos. Entre estos se encuentran el papel, vidrio, cartón, plástico, la chatarra, las telas y madera.

1.2 Desechos Peligrosos

Son los residuos generados en la institución u hospital que deben tener un tratamiento especial por el riesgo de contaminación, ante la posibilidad de haber estado en contacto con agentes patógenos y

cuentan con algunas de las siguientes características: Infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, reactivas, radiactivas, volátiles, corrosivas y tóxicas, que pueden causar daño a la salud humana y al medio ambiente.

1.2.1 Residuos Infecciosos o de Riesgo Biológico.

Son aquellos que contienen gérmenes patógenos y, por tanto son peligrosos para la salud humana. Constituyen del 10 al 15% de los desechos. Los residuos infecciosos o de riesgo biológico se clasifican en:

Biosanitarios.

Son todos aquellos elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales del paciente tales como: gasas, apósitos, algodones, escobillas, vendajes, material de laboratorio o cualquier otro elemento desechable que la tecnología médica introduzca para estos fines.

Anatomo- patológicos

Son aquellos residuos que se generan en procedimientos de cirugía y laboratorio. Dentro de estos tenemos las biopsias,

placentas, tejidos, órganos amputados, partes y fluidos corporales que se remueven durante cirugías u otros, incluyendo muestras para análisis autopsia u otro procedimiento médico.

Corto punzantes

Son todos los residuos cortantes o punzantes utilizados en la actividad de la salud. Se trata especialmente de agujas, bisturís, lancetas, jeringas, mangueras, puntas de equipos de venoclisis, catéteres con aguja de sutura, pipetas y otros objetos de vidrio, que han estado en contacto con agentes infecciosos. Estos residuos dada la facilidad para crear una puerta de entrada de los gérmenes patógenos en el organismo humano, constituyen fundamentalmente 1 % de todos los desechos.

Desechos de laboratorio.

Cultivos de agentes infecciosos y desechos biológicos, vacunas vencidas o inutilizadas, cajas de Petri, placas de frotis y todos los instrumentos usados para manipular, mezclar o inocular microorganismos.

Desechos de sangre

Sangre de pacientes, suero, plasma u otros componentes; insumos usados para administrar sangre, para tomar muestras de laboratorio y paquetes de sangre que no han sido utilizados.

Residuos de aislamiento

Residuos biológicos, excreciones, exudados o materiales de desecho provenientes de las salas de aislamiento de pacientes con enfermedades altamente transmisibles. Se incluyen también a los animales aislados.

Desechos de investigación

Cadáveres o partes de animales contaminadas, o que han estado expuestos a agentes infecciosos en laboratorios de experimentación, industrias de productos biológicos y farmacéuticos, y en clínicas veterinarias.

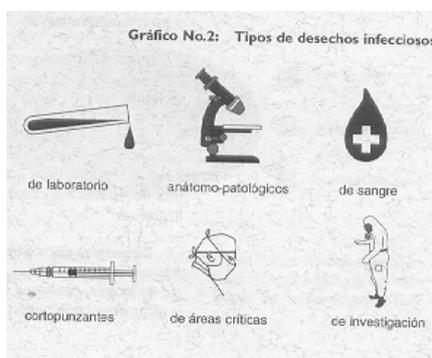


Figura 1.1 Tipos de desechos infecciosos

1.3 Desechos Químicos

Son los restos de sustancias químicas y sus empaques o cualquier otro residuo contaminado con éstos, los cuales, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición pueden causar daños a los seres humanos y al medioambiente.

Los Contaminantes químicos pueden ser orgánicos o inorgánicos. Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos, elementos de limpieza, solventes, etc. Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia.

1.3.1 Fármacos

Son aquellos medicamentos o excedentes de las sustancias que han sido empleados en cualquier tipo de procedimiento y están vencidos, deteriorados o parcialmente consumidos.

Los más peligrosos son los antibióticos y las drogas citotóxicas usadas para el tratamiento del cáncer.

1.3.2 Citotóxicos Especiales

Son residuos que por sus características físico-químicas y su composición, presentan riesgos para el medio ambiente. Presentan características agresivas tales como corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad, explosividad y radiactividad

1.3.3 Metales Pesados

Son cualquier objeto o elemento que contengan metales pesados como: Plomo, Cromo, Mercurio, Cadmio, Antimonio, Bario, Níquel, Estaño, Vanadio, Zinc.

1.3.4 Residuos Radiactivos

Son las sustancias emisoras de energía predecible o continúa en forma alfa, beta o de fotones, cuya interacción con la materia, puede dar lugar a la emisión de rayos X y neutrones, provenientes de laboratorios de investigación química y biología; de laboratorios de análisis clínicos y servicios de medicina nuclear.

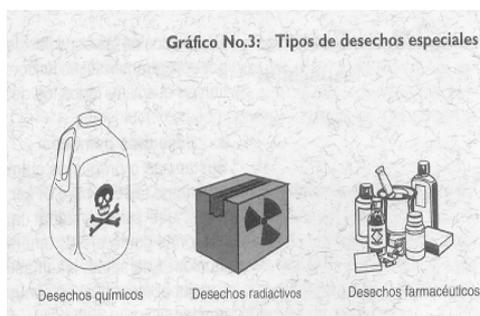


Figura 1.2 . Tipos de desechos especiales

TABLA 1.1
GENERACIÓN DE LOS DESECHOS HOSPITALARIOS

Materiales peligrosos	Lugar de Generación	Lugar de uso y disposición	Disposición común
Quimioterapia y químicos antineoplásticos	Preparado en clínicas o farmacias	Áreas de cuidado de pacientes, farmacias y clínicas especiales.	Incineración como residuos hospitalarios; disposición como residuos patológicos.
Formaldehído	Patología, Autopsias, Diálisis, Unidades de Enfermería	Patología, Autopsias, diálisis, unidades de enfermería.	Diluidos y arrojados en los desagües sanitarios

Materiales peligrosos	Lugar de Generación	Lugar de uso y disposición	Disposición común
Solventes	Patología, Histología, Ingeniería, Laboratorios	Patología, histología, ingeniería, laboratorios	Evaporación; arrojados en los conductos sanitarios.
Mercurio	En todas las áreas clínicas en termómetros, aparatos de medición de presión sanguínea, tubos de antor, laboratorios.	Áreas clínicas, laboratorios.	Los termómetros rotos se colocan en los contenedores para objetos cortantes; si no hay disponibles kits para derrames, se desecha como residuos hospitalarios o residuos sólidos urbanos.

Materiales peligrosos	Lugar de Generación	Lugar de uso y disposición	Disposición común
Gases Anestésicos	Quirófano	Quirófano	Con frecuencia son eliminados al exterior por extractores de aire.
Oxido etileno	Central de reproceso y esterilización; terapia respiratoria	Central de reproceso y esterilización; terapia respiratoria	Se elimina sacando el gas de escape al exterior.
Radio nucleidos	Radiación Oncológica	Radiación Oncológica	Almacenaje seguro por el tiempo necesario para la descomposición de los elementos nucleares.

Materiales peligrosos	Lugar de Generación	Lugar de uso y disposición	Disposición común
Soluciones desinfectantes para limpieza	Servicios de limpieza, infraestructura general, quirófano	Áreas de diagnóstico, quirófanos e infraestructura general	Dilución, disposición en cloacas, desagüeros
Mantenimiento: Residuos de aceites, , sobrantes de pintura, tubos fluorescentes	Mantenimiento	Mantenimiento	Residuos sólidos, cloacas, desagües
Químicos Fotográficos	Radiología, Clínicas satélites que ofrecen servicios radiológicos	Radiología, clínicas que ofrecen servicios radiológicos.	Los reveladores y fijadores son arrojados con frecuencia por los desagües sanitarios.

1. Obtenido del manual de manejo de desechos en establecimiento de salud (Fundación Natura)

Existen diferentes sistemas de clasificación para la caracterización de los residuos hospitalarios, un estudio realizado por el CEPIS-OPS en agosto del 1998 muestran la clasificación sugerida de la Organización Mundial de la Salud y la Clasificación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América. La adopción de una de ellas dependerá de las características particulares del centro de salud.

1.4 Caracterización de residuos incinerables

El residuo ideal para la incineración, desde el punto de vista económico, es aquel que presente una alta proporción de materia orgánica y baja de agua e inertes (inorgánicos), de forma que pueda ser quemado sin el empleo de combustible adicional y con aprovechamiento del calor producido, para dar lugar a un reducido volumen de residuo final.

En la práctica, la técnica de incineración es factible en el contexto técnico, económico y medioambiental para los residuos peligrosos que satisfacen los siguientes requisitos:

- Compuestos inorgánicos < 15% (cenizas, que deben ser las mínimas posibles)
- Agua < 65% (influye en la economía del proceso)
- Compuestos orgánicos > 30% (determina el poder calorífico del residuo)

La caracterización de los residuos incinerables constituye la base de partida para abordar la elección de los equipos, su diseño y las condiciones de operación de las diferentes etapas que conforman el proceso. Además de los requerimientos puramente técnicos, en el caso de las incineradoras, hay que tener en cuenta ciertos condicionantes legales que regulan las condiciones de funcionamiento y los límites de emisión de los gases a la atmósfera (Decreto 1217/1997 relativa a la incineración de R.P).

Estado y propiedades físicas de los residuos

El estado y algunas propiedades físicas como la viscosidad, densidad, características reológicas, del residuo condicionan principalmente el modo de alimentación al horno de combustión, con objeto de lograr el contacto adecuado entre la materia combustible y el oxígeno.

Análisis elemental de la materia orgánica

Consiste en la determinación de C, H, O, N, S, P y halógenos. La presencia de compuestos orgánicos halogenados producirá HCl y Cl₂, HF y HBr. El N y S conducen a la formación de compuestos como NO_x y SO₂, también de carácter ácido. La existencia de Cl₂, junto a determinadas condiciones de operación, puede generar por reacciones secundarias la formación de dioxinas y furanos, que exigen su destrucción total por exigencias legales debido a su carácter cancerígeno y mutágeno.

Análisis de compuestos de alta peligrosidad

Es posible la presencia de compuestos cuya destrucción pudiera presentar dificultades especiales para alcanzar los niveles de eficacia exigibles para su total eliminación del residuo, debido a su tremenda toxicidad (Componentes orgánicos peligrosos PCOPs).

Poder Calorífico

El poder calorífico del residuo constituye un factor determinante en la economía de la incineración. Un residuo con un poder calorífico por encima de unas 3500 kcal/kg resulta incinerable sin necesidad de combustible adicional. Para el

tratamiento de ciertos residuos que contienen compuestos orgánicos de alta peligrosidad, requieren el empleo de combustible adicional.

De acuerdo a la norma internacional NFPA los residuos se clasifican en tipo 0, 1, 2, 3, 4,5 y 6 dependiendo de su porcentaje de humedad, compuestos volátiles y potencia calorífica.

- Residuos Tipo 0: Altamente combustibles. Dentro de ellos tenemos: papel, carbón, cartón barredura de piso de lugares comerciales e industriales. También basuras que contienen 10% en bolsas plásticas, revestimientos de papel laminado, cartones tratados, desperdicios aceitosos y fragmentos de caucho. En general se puede decir que son residuos altamente combustibles.
- Residuos Tipo1: Mezcla de desperdicios tales como vegetales, trozos de fibras, líquidos para limpieza doméstica, cartones, madera, papel y barreduras de suelo que se encuentren en establecimientos completamente industriales. También basuras con un 20% de su peso en desperdicios de cafetería, restaurantes y pequeñas cantidades de, plásticos y cauchos.

- Residuos Tipo 2: Es la mezcla de residuos tipo 1 y tipo 3, en proporciones iguales. Es muy común en apartamentos y residencias.
- Residuos Tipo 3: Consiste de desperdicios de vegetales y desperdicios animales, de restaurantes, cafeterías, mercados y sitios de estar.
- Residuos Tipo 4: Son residuos de animales y humanos, esqueletos y partes orgánicas. Corresponde a los residuos de hospitales, mataderos, expendios de carne y sitios similares.
- Residuos Tipo 5: son residuos líquidos y semilíquidos como el alquitrán, disolventes, pinturas, lodos, gases tóxicos y residuos similares, provenientes de la operación industrial. Su composición y poder calorífico no están estandarizados y por tanto deben ser determinados, para cada circunstancia específica.
- Residuos Tipo 6: Básicamente son residuos compuestos por caucho, plástico provenientes de operaciones industriales. su composición y poder calorífico deben ser determinados para cada circunstancia específica.

TABLA 1.2
CARACTERISTICAS DE HUMEDAD, CENIZAS Y PODER CALORIFICO
PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS.

Residuo	Kcal/kg (Combustible)	Contenido másico cenizas (%)	Contenido másico Humedad (%)
Plásticos	9000	0.5	2
Trapos	4000	0.2	10
Periódicos	4000 - 4400	1.5	6
Polietileno	11100	0	0
Madera	5000-6000	4	20
Aserrín de madera	4300-4700	3	10
Grasas animales	9450	0	0
Desechos linóleos	6100	20-30	1

CAPITULO 2

2. NORMATIVAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO Y ELIMINACION DE DESECHOS HOSPITALARIOS EN BASE AL METODO DE INCINERACIÓN.

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizara como referencia la norma "NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS ", es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental (Ley No. 37. RO/ 245 de 30 de Julio de 1999y del Acuerdo Ministerial No. 14630. RO/ 991 de 3 de Agosto de 1992) para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria

y rige en todo el territorio nacional. LIBRO VI ANEXO 6 de la República del Ecuador

Otras normativas a revisar serán el Reglamento de Manejo de Desechos Sólidos en los Establecimientos de Salud de la República del Ecuador. Registro Oficial N° 106 de 10 de enero de 1997 del libro de Biolegis (legislación nacional) o Bioecuator, del acuerdo ministerial N° 001005 de 26 de diciembre 1996, Norma EPA 452/B-02-002 (U.S. Environmental Protection Agency) capítulo 2 de incineradores y la norma del Ministerio de Ambiente de la República de Colombia enero 21 del 2002.

2.1 Normativas utilizadas para la disposición de los desechos hospitalarios.

Libro VI Anexo 6 de la República del Ecuador.

El objetivo principal de la presente norma es salvaguardar, conservar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Esta norma establece los procedimientos generales en el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, desde la generación hasta la disposición

final; y las normas de calidad que deben cumplir los desechos sólidos no peligrosos para cumplir con estándares que permitan la preservación del ambiente.

La reglamentación dispuesta en los diferentes artículos del libro VI relacionados a la disposición de los desechos hospitalarios, son: **Artículo 2 Items 2.16** Este reglamento esta relacionado a los desechos sólidos de hospitales, sanatorios y laboratorios de análisis e investigación o patógenos, el propósito de esta norma es considerar las definiciones establecidas en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación. **Artículo 4 Items 4.2.7- 4.2.20 - 4.9.1- 4.9.4 – 4.10.4**, trata sobre las prohibiciones en el manejo de desechos sólidos

Los Desechos Sólidos Peligrosos Hospitalarios, Objetos y materiales descartados, provenientes de la actividad realizada en el tratamiento preventivo, curativo e investigación de enfermedades y que por su característica física y química son un riesgo para la salud humana y la preservación del medio ambiente.

Todos los Hospitales Nacionales y Privados así como Sanatorios, Centros de Salud y otros que tengan: Áreas de aislamiento de enfermos infecto - contagiosos, quirófanos, salas de parto, servicio de hemodiálisis, laboratorios microbiológicos, laboratorios biológicos para la investigación o diagnóstico de enfermedades infecto contagiosas; deberán de ser equipados con sistemas de incineración que cumplan con los requisitos técnicos de construcción y funcionamiento, establecido en las normas vigentes, además de contar con los equipos de medición necesarios para el control operativo.

Las cenizas producto del proceso de incineración, son desechos peligrosos, por consiguiente deberán cumplir con lo establecido en la Normativa de control para Desechos Peligrosos, que emitirá el Ministerio del Ambiente. Esta reglamentación se encuentra incluida en el Apéndice A .

República del Ecuador Ministerio de Salud Pública, acuerdo ministerial N° 001005 - 26 de Diciembre 1996.

El Ministerio de Salud Pública a Considerando que el artículo 19 de la Constitución Política de la República, establece que el Estado garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación.

Artículo 23 de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, concede al Ministerio de Salud Pública facultades para planificación, regularización, normalización, limitación y supervisión de los sistemas de recolección, transporte y disposición final de los desechos peligrosos (hospitalarios), en los medios urbano y rural, en coordinación con las municipalidades.

Mediante Decreto Ejecutivo N° 1802, publicado en el Registro Oficial N° 456 del 7 de junio de 1994 se establecen las “Políticas Básicas Ambientales en el Ecuador”.

En los numerales 15 y 17 del decreto en mención se establecen las políticas relacionadas con el manejo de desechos en general, incluyendo tóxicos y peligrosos.

Es deber y obligación del Ministerio de Salud Pública, hacer cumplir las disposiciones contempladas en los artículos 31 al 34 del Código de la Salud (Capítulo V. De la recolección y disposición de basuras).

En este reglamento establece los desechos producidos en los establecimientos de salud clasificándolo por grupos para los diferentes tipos de residuos se incluyen los desechos infecciosos, cortantes, agujas, jeringas, bisturís, tóxicos, explosivos, inflamables, corrosivos y reactivos. Materia orgánica e inorgánica no contaminada, que no puede o no justifica ser recuperada.

Los residuos infecciosos deben ser colocados en bolsas rojas y trasladados diariamente hacia el incinerador. Los residuos orgánicos deben ser colocados en recipientes herméticos y trasladados diariamente al incinerador para su eliminación.

Los residuos especiales peligrosos tales como radioactivos, químicos, farmacéuticos, inflamables, diluyentes, medicinas vencidas y otros peligrosos deberán ser dispuestos en confinamientos controlados, siguiendo las normas técnicas ambientales de diseño, construcción y manejo. Los residuos comunes provenientes de administración y limpieza general, residuos de la preparación de alimentos, embalajes y cenizas deben ser colocados en bolsas plásticas separadas, así sea su

característica y luego depositadas en contenedores bajo techo para facilitar su acondicionamiento y permitir un fácil servicio de recolección municipal.

Los residuos infecciosos y patológicos generados en hospitales, nacionales o privados, casas de salud, sanatorios, centros de salud y laboratorios, deberán ser incinerados en aquellos equipos que cumpla con los requisitos técnicos de construcción y funcionamiento, establecido en las normas vigentes, además deberán contar con los equipos de medición necesarios para el control operativo.

Prohíben la disposición de residuos patológicos, infecciosos, tóxicos y peligrosos en los recipientes o bolsas destinados para la basura común, ni el manejo y disposición de dichos residuos en una instalación destinada al manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos comunes. Esta reglamentación se encuentra incluida en el

Apéndice A

Libro VI – TITULO V de la República del Ecuador.

Esta norma trata de los reglamentos para la prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos, específicamente en la sección III donde se establece las condiciones para el tratamiento y disposición final de estos residuos, cabe recalcar que no todos los desechos que se generan en los hospitales están considerados como desechos peligrosos pero por condiciones de seguridad es necesario utilizar esta ley.

En el **artículo 209, 210, 211**, establecen que cualquier hospital o plantas que generen desechos peligrosos tendrán que contar con una licencia ambiental otorgada por el Ministerio Ambiental del Ecuador.

En el **artículo 212**, considera que para realizar el tratamiento para la eliminación de estos desechos especialmente por el método de incineración, se recomienda que las instalaciones adecuadas para esta función deben estar alejado al menos a **500 metros** del poblado más cercano. Dicha información véase en el **Apéndice A**.

2.2 Normativas recomendadas para la incineración

Basado en el acuerdo ministerial N° 001005 - 26 de Diciembre 1996. CAPÍTULO VII. Del tratamiento de los desechos infecciosos Artículo 42, 43. Establece la utilización del proceso de incineración siempre y cuando este cumpla con las condiciones especificadas de los límites máximos permitidos de emisiones al medio ambiente, por lo tanto los residuos de la incineración, deben ser considerados como desechos peligrosos y requieren una celda especial en el relleno sanitario.

En la actualidad no existe en el Ecuador una norma para establecer el diseño que debe cumplir los incineradores de nuestro país por lo tanto se adopto por tomar la referencia de las norma EPA 452/B-02-002 (U.S. Environmental Protection Agency) capítulo 2 de incineradores. y del Ministerio de Medio ambiente de la república de Colombia resolución 0058 , enero 21 del 2002.

Esta norma establece los límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos tomando como referencia el artículo 13. Esta reglamentación se encuentra incluida en el **Apéndice A**.

Basado en la documentación de la EPA en Octubre 1998 el diseño del incinerador debe cumplir las siguientes normas técnicas por lo cual deberá disponer de una cámara de combustión primaria, una cámara secundaria y alcanzar una temperatura de 800° y 1000° C respectivamente. En la cámara primaria se queman los desechos produciéndose cenizas y gases, entre los cuales se encuentran las dioxinas que pueden generar cáncer. En la secundaria, estos gases son combustionados completamente convirtiéndose en vapor de agua, CO₂ y restos de óxidos de nitrógeno y ácido clorhídrico. Para esto se requiere un tiempo de permanencia de los gases de por lo menos 2 segundos, y una concentración de oxígeno mayor del 18%.

Para que los desechos sean destruidos en la cámara primaria, se requiere un tiempo de permanencia de por lo menos 1 hora, temperatura de 800° C y turbulencia suficiente para movilizar los residuos.

Las cenizas resultantes del proceso de incineración deben considerarse como residuos peligrosos ya que contienen plomo, cadmio, cromo,

mercurio y arsénico el cual debe ser enviada en una funda debidamente etiquetada como residuo peligroso al relleno sanitario.

Para evitar la contaminación se debe considerar:

- Control de emisiones a la atmósfera: especialmente partículas y ácido clorhídrico que pueden dar una idea general del nivel de la eficiencia del funcionamiento del incinerador.
- Control de temperatura: 1000° C en la cámara secundaria
- la altura de la chimenea
- Las determinaciones de las emisiones deben realizarse por lo menos cada 6 meses.
- No debería observarse humo ni existir olor desagradable en la chimenea.

Los incineradores deben contar con dispositivos para remover y recoger las cenizas, y con un sistema de lavado de gases. Pueden incluir, además, técnicas de recuperación de la energía calórica para calentar los calderos del hospital. Por lo general, los desechos infecciosos tienen un alto valor calorífico por lo que no requieren un excesivo uso de combustible adicional. No es conveniente incinerar desechos comunes y

en especial restos de alimentos, por su bajo contenido calórico, ya que esto demandará el uso de combustible extra, lo que encarecerá la operación del incinerador.

La carga debe efectuarse cuando la cámara primaria haya alcanzado una temperatura adecuada, esto es 800° C. No deben introducirse otros desechos luego de iniciado el proceso y la puerta permanecerá cerrada. El personal necesita instrucción especial y equipo de protección, tanto para la carga como para la limpieza posterior.

Existen incineradores de una sola cámara pero solo alcanzan una temperatura de 400° C. Las desventajas son que persiste un porcentaje de material no quemado, que no destruye el plástico y que puede provocar una excesiva contaminación aérea del ambiente laboral y del entorno del hospital.

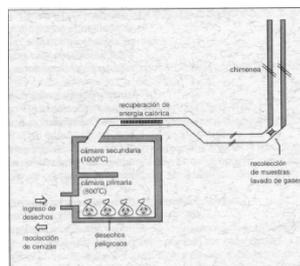


Figura 2.1. Incinerador de dos cámaras

Tipos de residuos que no se deben incinerar

- Contenedores de gas presurizados
- Cantidades grandes de residuos químicos radiactivos
- Sales de plata y residuos radiológicos o fotográficos
- Plásticos halogenados como el PVC
- Residuos con alto contenido de mercurio o cadmio, tales como termómetros rotos, batería usadas y paneles de madera reforzadas con plomo
- Ampollas selladas o ampollas que contengan metales pesados

2.3 Distribución de los desechos en los centros de salud.

Se considera desecho un objeto móvil sin empleo conocido y permanentemente descartado

El almacenamiento realizado para los diferentes residuos en cada uno de los servicios especializados de un centro de atención de salud, deben cumplir especificaciones técnicas, tales como hermeticidad, resistencia a elementos punzocortantes, estabilidad, forma adecuada, facilidad de lavado, peso ligero y facilidad de transporte, entre otros. Basándome en el Ministerio de Salud Pública de la República del Ecuador, acuerdo ministerial N° 001005 - 26 de Diciembre 1996.

CAPÍTULO V. Del almacenamiento y de las características de los recipientes del artículo 20 al 26, y la información obtenida del CEPIS - OPS del Manual para el Manejo de desechos en establecimientos de salud, ambos ponen a consideración las propiedades que deben tener los recipientes para la recolección de estos tipos de residuos. Dicha información véase en el **Apéndice A**

Bolsas.

Los recipientes desechables más comúnmente utilizables son las fundas plásticas, y muy ocasionalmente embalajes de cartón. Las fundas deben tener un tamaño adecuado de acuerdo al tipo de almacenamiento. Pueden estar recubriendo internamente los recipientes sólidos o estar contenidas en estructuras de soportes especiales.

- Deben ser resistentes, para evitar riesgos de ruptura y derrame en la recolección y el transporte. Esta resistencia no depende únicamente del espesor sino de características de fabricación. Por tanto, se deberán hacer pruebas de calidad de las fundas plásticas periódicamente, para escoger las más adecuadas.

- Los espesores recomendados son: 30-40 micrómetros (0.03 - 0.04 mm) para volúmenes de 30 litros. 60 micrómetros (0.06 mm) para volúmenes de más de 30 litros. En casos especiales se utilizarán fundas de 120 micrómetros (0.012mm).
- Es preferible que sean de material opaco por razones estéticas y deben ser impermeables para evitar fugas de líquidos.
- Material apropiado, pueden ser de polipropileno de alta densidad o de polietileno.

El número de bolsas dependerá de la cantidad de áreas que en las que se haya dividido el hospital. Deben existir tres bolsas por cada área, para recolectar los desechos clasificados en: generales, infecciosos y especiales. Al final de la recolección diaria, se procede a pesar las fundas con desechos. Con estos datos, el tratamiento de los residuos hospitalarios se efectúa para lograr establecer la producción diaria de estos.

Otros embalajes.

Los residuos punzocortantes requieren de un embalaje rígido. Generalmente se utilizan recipientes y frascos de tamaño pequeño y de

materiales de plástico, cartón o metal. Estos embalajes deben reunir características de impermeabilidad, hermeticidad, inviolabilidad, entre otros, de forma que dificulten al máximo su apertura y el manipuleo de su contenido.

2.3.1 Colores y símbolos recomendados para las fundas utilizadas para la distribución de los desechos.

Los recipientes, las bolsas deben tener un código de colores e indicaciones visibles sobre el tipo de residuo y el riesgo que representan según las normas de cada país, algunos símbolos de peligrosidad, tales como el de riesgo biológico o radiactividad son universales.

Dado que un centro asistencial esta constituido por diversas unidades que cumplen distintas funciones, se generarán distintos residuos, por lo tanto, para efectos de clasificar los residuos hospitalarios se consignará las siguientes categorías de acuerdo a los registros establecidos por el CEPIS-OPS en 1998 y del Ministerio de Salud Pública de la Republica del Ecuador , acuerdo ministerial N° 001005 - 26 de Diciembre 1996. CAPÍTULO V. articulo 28. Dicha información vea se en el **Apéndice A.**

TABLA 2
DISTRUBUCIÓN DE LOS DESECHOS

Categorías	Características	Color de bolsa espesor mínimo
Tipo 1	Para desechos infecciosos y especiales Órganos , tejidos de cadáver, placentas Restos biológicos.	Rojo 0.10 mm
Tipo 2	cortopunzantes metálicos o mixtos metal plástico	Rojo 0.10 mm
Tipo 3	residuos sólidos y líquidos radiactivos y químicos	Amarillo o Azul 0.50mm
Tipo 5	Para desechos comunes.	Negro 0.080 mm
Tipo 6	Para depositar material reciclable: papel, cartón, plástico, vidrio	Gris 0.10 mm

* Tomado Del Manual para el manejo de desechos en establecimiento de Salud
“FUNDACIÓN NATURA “, JUNIO 2001

Las fundas rojas en lo posible deben ser marcadas con el símbolo de desecho biopeligroso. Si no hay fundas plásticas de estos colores, pueden usarse de un solo color pero claramente identificadas con los símbolos o con rótulos de cinta adhesiva.



Figura 2.2 Símbolo Universal de riesgo biológico o residuo infeccioso



Figura 2.3 Acondicionamiento de residuos en bolsas plásticas de color

2.3.2 Características que debe reunir el ambiente de almacenamiento de residuos sólidos hospitalarios

Texto recopilado de la publicaciones del CEPIS con el auspicio de la ONU, OEA , OPS/OMS ; 1994.

Accesibilidad

El ambiente debe estar ubicado y construido de tal forma que permita un acceso rápido, fácil y seguro de los carros de recolección interna. Debe contar con rutas señalizadas y espacio adecuado para la movilización de los carros durante las operaciones.

Exclusividad

El ambiente designado debe ser utilizado solamente para el almacenamiento temporal de residuos hospitalarios; por ningún motivo se deben almacenar otros materiales. Dependiendo de la infraestructura disponible, podrán existir ambientes separados para cada tipo de residuos.

Seguridad

El ambiente debe reunir condiciones físicas estructurales que impidan que la acción del clima (sol, lluvia, vientos, etc.) ocasione daños o accidentes y que personas no autorizadas, niños o animales ingresen fácilmente al lugar. Para ello debe estar adecuadamente señalizado e identificado.

Higiene y saneamiento

El ambiente debe contar con buena iluminación y ventilación, debe tener pisos y paredes lisos, pintados con colores claros, preferentemente blanco. Debe contar con un sistema de abastecimiento de agua fría y caliente, con presión apropiada, como para llevar a cabo operaciones de limpieza rápida y eficiente, y un sistema de desagüe apropiado.

Estos deben de estar ubicado preferentemente en zonas alejadas de las salas del hospital y cerca a las puertas de servicio del local, a fin de facilitar las operaciones de transporte externo.

2.4 Manejos de residuos incinerados

Para el retiro o manejo de los residuos incinerados, el funcionario designado deberá contar con guantes de goma y ropa exclusiva para ello. En la extracción de los residuos infecciosos, se deberá tener cuidado de no producir embolsamiento de aire, ni de ejercer presión para reducir su volumen, evitándose con ello la expulsión de posible aire contaminado.

Realizado el trabajo, los guantes de goma utilizados deberán eliminarse junto con los residuos recolectados, una vez cumplido el ciclo de recolección, el contenedor deberá permanecer en el área de incineración. Este lugar deberá estar lo más alejado posible del público.

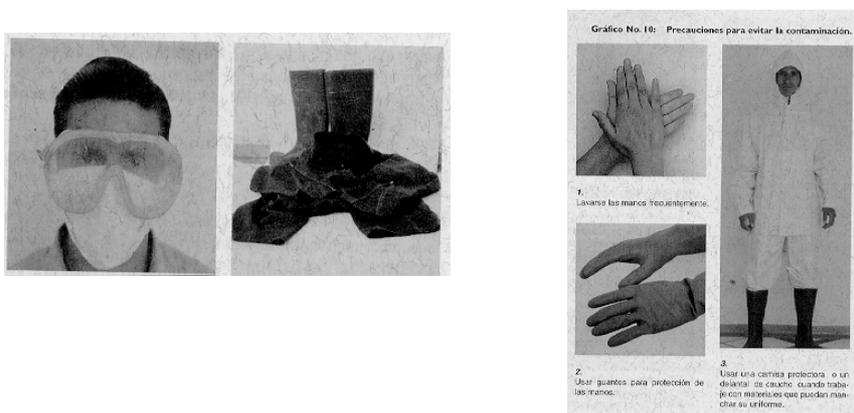


Figura 2.3 Precauciones para evitar la contaminación

El manejo exterior y eliminación de estos tipos de residuos, deben de originarse de la siguiente forma:

- a. El horario de extracción de residuos del establecimiento, también debe ser conocido por el encargado del incinerador.
- b. El funcionario encargado del equipo, será responsable del traslado de los residuos infecciosos desde el lugar habilitado para ello hasta el incinerador, de la seguridad de éste y procurando mantenerlo siempre cerrado y con llave
- c. Se procederá a incinerar los residuos solo en los horarios establecidos.
- d. El funcionario encargado de la incineración deberá llevar un sistema de registro de cantidad incinerada y del combustible utilizado.
- e. El retiro de las cenizas se realizará a primera hora, procurando mantener un espesor de capa de cenizas no mayor de 2 cm en el equipo

CAPITULO 3

3 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAMARA DE COMBUSTIÓN

Para de realizar el dimensionamiento de las cámaras de combustión de un incinerador para la destrucción de los desechos hospitalarios se considera que el sistema se encuentra en estado transiente y por lo tanto se tomara en cuenta las siguientes consideraciones.

Cantidad de residuos cargados al incinerador

Porcentaje de humedad del desecho

Propiedades Térmicas del material

Forma de Geométrica de la Cámara

Longitud de la Cámara

Temperatura de entrada y salida de los Gases

Tipo de Combustible

Velocidad del gas de salida

Tiempo de Residencia

Recuperación de Calor

3.1 MATERIALES REFRACTARIOS Y SUS CARACTERISTICAS

Un parámetro importante en el dimensionamiento del incinerador es el material refractario con objeto de perder la menor cantidad posible de energía y así facilitar su posterior recuperación.

Se deben utilizar materiales refractarios que resistan altas temperaturas y resistentes a la abrasión por efecto de las cenizas. El material será adecuado si:

- Resiste altas y bajas temperaturas
- Integridad estructural en el ciclo de expansión y compresión
- Debe resistir la penetración de las cenizas fundentes y los gases
- Resistente a la erosión y corrosión
- Debe tener características de aislamiento
- Porosidad
- Capacidad de mantener temperatura
- Capacidad de calentarse

- Calor específico
- Expansión térmica
- Resistencia a la penetración de las cenizas fundentes y gases
- Límite de incendio
- Límite de explosión

Para la realización de este estudio se ha considerado como materiales piedra pómez, ladrillos refractarios, cemento refractario, arena sílice.

PIEDRA PÓMEZ

La piedra pómez es una roca porosa, grisácea o blancuzca, frágil y de bajo peso específico, procedente de magma volcánico reciente; está compuesta por cuarzo y silicatos (principalmente feldespatos). Se encuentra pura o mezclada con varias sustancias, sobre todo obsidiana, que se distingue por su color negro brillante y por su densidad relativa, cuatro veces mayor.

El proceso industrial comprende varias operaciones: selección para separar la obsidiana, molido y pulverización en máquinas con muelas de piedra o de metal, secado en hornos abiertos, cernido y tamizado usando

cedazos abiertos manuales y tamices rotatorios y oscilantes, recuperándose generalmente la materia residual.

La piedra pómez se utiliza como abrasivo (en bloque o en polvo), como material ligero de construcción y para la fabricación de artículos de piedra, explosivos, etc. Es de color blanco grisáceo hasta amarillento, raramente de color café o gris. El término "piedra pómez" incluye todas las rocas piroclásticas porosas.

Composición química: Compuesto de trióxido de sílice y trióxido de aluminio, entre otros componentes: 71% de SiO_2 , 12.8% de Al_2O_3 , 1.75% de Fe_2O_3 , 1.36% de CaO , 3.23% de Na_2O , 3.83% de K_2 , 3.88% de H_2O .

Dureza: 5 / 6 Mohs. Aunque de dureza media, debido a su alta friabilidad el poder abrasivo es muy bajo, produciendo un efecto muy suave sobre la superficie

Textura : esponjosa o espumosa. Escoriácea, con muchos huecos y cavidades

Propiedades: Sus poros cerrados le confieren una baja densidad, por lo que el comportamiento al impacto es muy ligero. $0,7$ ($0,4$ a $0,9$) $\text{g/cm}^3 =$

700 Kg/ m³, conductividad térmica $k = 0.4 \text{ w/ m K}$, calor específico $C_p = \text{J/ Kg K}$

LADRILLOS REFRACTARIOS

Se presentan las características comunes de los ladrillos refractarios aislantes de la empresa ERECOS (Empresa de refractarios colombianos) que actualmente se extiende en el mercado Ecuatoriano.

SERIE 9" x 4½" x 2½" recto.

TABLA 3.1
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ESPECIFICACIONES DEL
LADRILLO REFRACTARIO

Análisis Químico % *	
Al ₂ O ₃	34.0
SiO ₂	61.0
Fe ₂ O ₃	1.0
TiO ₂	1.2
CaO	0.3
MgO	0.4
Álcalis	1.8

Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	32
Temperatura Equivalente (°C) NTC - 706, ASTM C-24	1717
Porosidad Aparente (%)ASTM C-20	66.0 - 71.0
Resistencia a la compresión en frío. Mpa (kg/cm ²)	1.5 - 3.5 (15 - 35)
Módulo de ruptura en frío. Mpa (kg/cm ²) NTC -682, ASTM C-133	0.8 - 2.0 (8 - 20)
Cambio lineal permanente (°C - %) NTC -859, ASTM C-210	1230 0.0 - 0.1C 1400 0.5C - 1.3C
Densidad aparente (g/cm ³) NTC -674, ASTM C-20	2.16 - 2.26
Conductividad térmica, a temperatura 819 0.274 media, (°C- kcal/m hr K) ASTM C-201	1060

* Obtenido de Catálogos del Grupo ERECOS

Densidad 2325 - 2600 Kg/m³, **conductividad térmica** 1.3 w/ m K,

Calor específico Cp = 960 J/ Kg K.

ARENA SÍLICE

SiO₂ es el principal constituyente de las arenas de sílice y procede de rocas ricas en sílice, tanto intrusivas como extrusivas (granito y riolitas, respectivamente) y de las sedimentarias areniscas.

Su composición suele ser 100% de SiO₂ (46.7% de Si y 53.3% de O₂). Aparece con frecuencia como mineral de ganga en los yacimientos metalíferos.

Se presenta en cristales prismáticos terminados generalmente en una combinación de romboedros positivos y negativos que en ciertas ocasiones tienen idéntico desarrollo y producen el efecto de una bipyramide hexagonal. Tiene una dureza de 7, peso específico de 2.65; índice de refracción de 1.548, carece de exfoliación evidente; tiene propiedades piroeléctricas y piezoeléctricas. El color del cuarzo varía de incoloro a blanco lechoso, amarillo, morado, amatista y gris.

En este aspecto, la pasta es capaz de soportar unos cuantos grados de fusión de cono pirométrico a la temperatura de 1 710° a 1 730° C, y que puede utilizarse en condiciones de seguridad en estructuras hasta los

1650° C (3 002° F). La arena sílice tiene muchas aplicaciones industriales. Este mineral es útil debido a sus propiedades inherentes, entre las cuales se pueden citar las siguientes: es químicamente inerte en un rango muy amplio de pH, lo que permite su aglutinamiento sin dejar residuos ajenos a la mezcla, conservando sus características físicas, aun en condiciones de carga y temperatura refractaria; Una de las propiedades más importantes es su resistencia, por lo que se extraen grandes volúmenes para ser utilizados en la industria de la construcción, principalmente para la elaboración de ladrillos silicocalcáreos que sobrepasan los estándares de resistencia de otro tipo de materiales; mientras que un ladrillo de construcción estándar resiste una compresión de 160 kg/cm², el ladrillo silicocalcáreo específica de 320 a 350 kg/cm², según sea el aglutinamiento y la selección de mineral.

La sílice utilizada en esta industria es como grava de cuarzo, con diámetros de 2 a 4 mm, para la fabricación de ferro aleaciones; arena sílica para elaborar moldes y corazones de diferentes piezas fundidas y también arena sílice como materia prima en la fabricación de refractarios. El mineral que se utiliza en la carga para la fabricación de ferrosilicio son gravas de cuarzo con contenido no menor del 95% de SiO₂ , no mayor

de 0.02% de P₂O₅ (Pentóxido de fósforo) y una menor cantidad posible de impurezas escoriificantes de Al₂O₃ (Alúmina), debiendo cumplir además especificaciones del tamaño de la partícula entre +½" y -2". Acuerdo a su contenido de sílice, que varía de 18 a 45%, 75%, 80% y 90%

TABLA 3.2

PROPIEDADES TERMO FÍSICA DE LA ARENA SÍLICE

Análisis químico *	Arana sílice
Si O ₂	95.8
Al ₂ O ₃	0.8
Fe ₂ O ₃	0.9
TiO ₂	0.0
CaO	1.6
MgO	0.3
Alcalis	0.5
P.P.I. (%)	0.2
Punto de fusión de cono (°C)	1 690°
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	329
Porosidad (%)	26.8

Densidad a granel (g/cm ³)	1.7
Conductividad térmica (BTU)	7.5

- Obtenido de Catálogos del Grupo ERECOS

CEMENTO REFRACTARIO

El cemento refractario que se ha considerado es el Concrax 1500 (Concreto refractario sílice-aluminoso denso), cuya aplicación es general en zonas cuya temperatura de trabajo no exceda de 1540 °C, como en calderas, hornos de tratamiento térmico, hornos de foso, máximo tamaño del grano 3 mm, presentación sacos de 25 kg.

Marca: ERECO

TABLA 3.3
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ESPECIFICACIONES DEL
CEMENTO REFRACTARIO

Análisis Químico % *	
Al ₂ O ₃	49.5
SiO ₂	39.0
Fe ₂ O ₃	1.3

Análisis Químico % *	
TiO ₂	2.0
CaO	7.5
MgO	0.3
Álcalis	0.4
Cono Pirométrico Equivalente	
(PCE)	32
Temperatura equivalente °C	1717
NTC – 706 , ASTM C-24	
Máxima temperatura de servicio recomendada °C	1540
Máximo tamaño de grano mm	5
Material seco requerido por metro cúbico kg	2000 – 2100
Agua de preparación cm ³ de agua/kg de material seco	120 – 135
NTC - 988 , ASTM C - 860	
Densidad volumétrica °C - g/cm ³	2.00 – 2.10
Módulo de ruptura en frío	110 5.0 - 8.0 (50 - 80)

Análisis Químico % *	
°C - Mpa (kg/cm ²)	1000 1.5 - 2.5 (15 - 25)
NTC - 988 , ASTM C-133	1260 4.0 - 6.0 (40 - 60) 1370 12.0 - 14.0 (120 - 140) 1480 14.0 - 15.0 (140 - 150)
Resistencia a la compresión	110 25.0 - 40.0 (250 - 400) en frío °C
Mpa (kg/cm ²)	1000 9.0 - 11.0 (90 - 110)
NTC - 682 , ASTM C - 133	1260 13.0 - 15.0 (130 - 150) 1370 29.0 - 31.0 (290 - 310) 1480 50.0 - 54.0 (500 - 540)
Cambio lineal permanente °C - %	1000 0.0 - 0.3C
NTC - 988 , ASTM C - 401 y ASTM C - 865	1260 0.2C – 0.5C 1370 0.3C – 0.6C 1480 1.0C - 1.5C

* Obtenido de Catálogos del Grupo ERECO

Como se ha explicado en el capítulo 2, basándome en normas se recomienda que un incinerador de desechos hospitalarios deberá cumplir con un espesor de pared entre 18 -22 cm., por lo cual para este caso se considera que el espesor de la pared será de 20 cm., se procederá a realizar una distribución de materiales por capas:

Primera capa: piedra pómez + Cemento refractario

Segunda capa: ladrillo refractario + Cemento refractario + Sílice

Tercera capa: arena sílice + cemento refractario

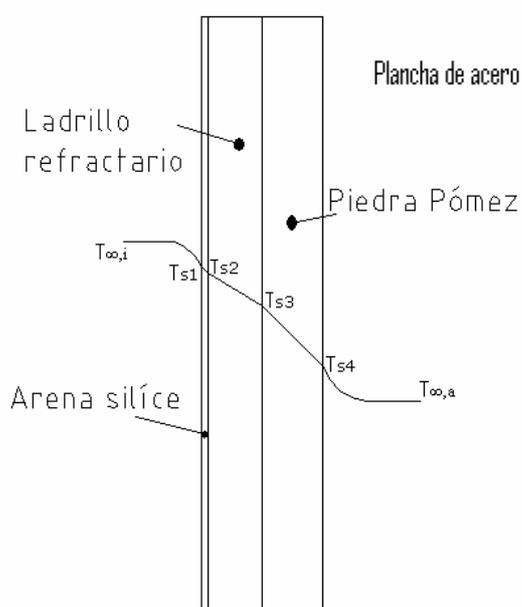


Figura 3.1 Esquema de la pared del incinerador

3.2 CALENTAMIENTO DE LA PARED

Como se ha especificado en el capítulo 2 sección 2.2 de esta tesis sobre las normas técnicas que debe cumplir un incinerador para la cremación de los desechos hospitalarios. Se toma en consideración que un incinerador cuenta con 2 o más cámaras de combustión en la cual la primera cámara se alojaran los desechos sólidos los cuales se combustionan en deficiencia del oxígeno, esta debe operar con bajas condiciones de gas y temperaturas controladas, también se debe garantizar que las reacciones de combustión mantengan la auto-termicidad, es decir que no se apague la llama que es generada a través del quemador principal, de esta forma se podrá garantizar que después de un determinado tiempo se obtendrá una temperatura de llama constante, los gases de combustión generados en esta primera cámara pasaran a una segunda cámara que por presencia de un quemador secundario formaran una mezcla de gases turbulentos, un aumento en la velocidad de salida de los gas y se obtendrá un tiempo de residencia mayor de 2 segundos, si se logra un buen diseño y calibración de estos equipos, deben prevenir la generación de cenizas, metales pesados volátiles y óxido de nitrógeno.

Para establecer el método de cálculo que se utilizará para obtener la variación de las temperaturas a través del tiempo, debemos considerar los siguientes parámetros:

1. Se producirá un calentamiento transversal a través de la pared, al inicio todo el sistema estará en temperatura ambiente (30° C) a medida que pasan los minutos el flujo de combustible que genera el frente llama sedera calor a la pared , por lo que se considera una transferencia de calor por convección y radiación.
2. Se producirá un calentamiento longitudinal a través de las cámaras, y un aumento en la velocidad de los gases de salida. Por tal condición se debe efectuar un balance de energía en el sistema.
3. Para efecto de cálculo se considera a la pared como un solo material, obteniendo una propiedad promedio de la unión de todos los materiales que estará construida las cámaras de combustión, donde
4. Las cámaras de combustión tendrá forma cilíndrica con un espesor de pared de 20 cm. con un diámetro interno de d (m), considerando que la plancha de acero será rolada, el diámetro externo será $D (m) = d + e .$

Para determinar el calentamiento de la pared por cada hora a una determinada distancia se usara el método de Schmidt.

MÉTODO DE SCHMIDT

Para efectuar el calculo de la distribución de la temperatura a través de la pared se considera al sistema en estado transiente en el cual la temperatura inicial de la masa del refractario sea de 30°C, la conductividad térmica promedio del material es de 0.85 W/m°K, calor especifico 980 J/ Kg K y la densidad 1512.5 Kg/ m³.

La construcción grafica de temperaturas por el método de Schmidt se basa primeramente en calcular el intervalo de tiempo de exposición de la temperatura en la pared, dividiendo el espesor (20 cm.) en varias partes iguales.

En condiciones transitorias con propiedades constantes y sin generación interna con propiedades constante y sin generación interna, la forma apropiada de la ecuación es.

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial t} = \frac{\partial^2 \mathbf{T}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{T}}{\partial y^2} \quad (3.1)$$

Como es un sistema unidimensional en x , se considera que $\frac{\partial^2 \mathbf{T}}{\partial y^2} = 0$,

usando la aproximación de diferencia central para las derivadas espaciales donde

$t = p\Delta t$, la derivada respecto al tiempo en la ecuación se expresa como.

$$\left. \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial t} \right|_n \approx \frac{\mathbf{T}_n^{p+1} - \mathbf{T}_n^p}{\Delta t} \quad (3.2)$$

El subíndice n sirve para designar las posiciones x de los puntos nodales discretos.

El superíndice p se utiliza para denotar la dependencia con respecto al tiempo de T , y la derivada con respecto al tiempo se expresa en términos de la diferencia de temperaturas asociadas con los tiempos nuevos ($p+1$) y anterior (p). Por ello los cálculos deben llevarse a cabo en tiempos sucesivos separados por el intervalo Δt . En el método explícito de solución, estas temperaturas se evalúan en el tiempo anterior (p), por esto se considera una que es una aproximación en diferencia hacia adelante para la derivada con respecto al tiempo. Evaluando los términos la ecuación queda expresada como:

$$\frac{1}{\alpha} \frac{T_n^{p+1} - T_n^p}{\Delta t} = \frac{T_{n+1}^p + T_{n-1}^p - 2T_n^p}{(\Delta x)^2} \quad (3.3)$$

Donde Fo es una forma de diferencia finita del número de Fourier

$$Fo = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2} \quad (3.4)$$

La forma explícita de la ecuación para un nodo interior n se reduce en

$$T_n^{p+1} = Fo \cdot (T_{n+1}^p + T_{n-1}^p) + (1 + 2 \cdot Fo) \cdot T_n^p \quad (3.6)$$

Al decir que el criterio de estabilidad de un nodo interior unidimensional es $(1 + 2 \cdot Fo) \geq 0$, es decir el número de Fourier será menor igual que un

$$\text{medio. } Fo \leq \frac{1}{2}$$

Remplazando este valor en la ecuación 3.4, la expresión a usar para calcular el intervalo de tiempo se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta t = \frac{\Delta x^2}{2\alpha} \quad (3.7)$$

Donde;

Δx Intervalos de división del espesor de la pared el cual será de 2.5 cm

α Difusividad térmica media, que se mantendrá como un valor constante.

La difusividad térmica mide la capacidad de un material para conducir energía térmica en relación con su capacidad para almacenar energía, esta se puede obtener mediante la siguiente expresión.

$$\alpha = \frac{k}{\rho * C_p} \quad (3.8)$$

Donde;

k Conductividad térmica del material

ρ Densidad del material

Cp. Calor específico

Remplazando los valores en la ecuación (3.8) se obtiene el siguiente resultado

$$\alpha = \frac{0.85 \text{w/m.k}}{(1512.5 \text{Kg/m}^3)(980 \text{J/Kg.K})} = 5.7 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$$

Remplazando el valor de la difusividad térmica en la ecuación 3.7 obtenemos el intervalo de tiempo que transcurre en variar la temperatura de la pared.

$$\Delta t = \frac{(0.025 \text{m})^2}{2 * (5.7 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{s})} = 545.3 \text{seg}$$

545.3 seg = 9 min. , para establecer la variación de la temperatura por cada hora se considero una división de 7 segmentos.

Como se estableció al inicio de esta sección la pared se calentara en forma transversal por tal motivo se debe considerar que existe transferencia de calor por radiación y convección entre el frente llama y la pared.

Donde la pérdida de calor por radiación esta dada por las siguientes expresiones:

$$q_{\text{rad}} = \varepsilon * \sigma * F * A_{\text{llama}} (T_{\text{llama}}^4 - T_w^4) \quad (3.9)$$

Esta ecuación proporciona la diferencia entre la energía térmica que se libera debido a la emisión por radiación y la que se gana debido a la absorción de radiación.

Otra forma de expresar el intercambio neto de calor por radiación es:

$$q_{\text{rad}} = h_r * A_{\text{ext}} (T_{\text{gas}} - T_w) \quad (3.10)$$

Despejando la ecuación 3.3 y 3.4 se obtiene la expresión para determinar el coeficiente de transferencia de calor por radiación.

$$h_r = \varepsilon * \sigma * F * \frac{A_{\text{llama}}}{A_{\text{ext}}} * \frac{(T_{\text{llama}}^4 - T_w^4)}{(T_{\text{gas}} - T_w)} \quad (3.11)$$

Donde;

ε ; Propiedad radiativa de la superficie denominada emisividad. (0.6 emisión de la llama amarilla)

σ ; Constante de Stefan Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/ m}^2 \text{ K}^4$)

F factor de forma (1)

A_{llama} ; Área de la llama, la cual depende del diámetro interno de la cámara de combustión $A_{\text{llama}} = \pi * d^2 / 4$

A_{ext} ; Área del horno , esta depende del diámetro externo de las cámara de combustión y de la longitud total del mismo.

$$A_{\text{ext}} = 2 * \pi * D * L$$

T_{llama} ; Temperatura de la llama , se asume que la temperatura de esta se mantendrá constante a lo largo de todo el proceso (1200 ° C).

T_w ; Temperatura de la pared

T_{gas} ; Temperatura de gas ; se asume que a lo largo del proceso tomaría el valor de la temperatura de la llama por la variación de transferencia de calor longitudinal.

Para estimar como varia la temperatura de la pared en función a la energía que transmite el frente de llama por efecto de radiación y convección se procede a calcular el termino denominado longitud

efectiva, la cual esta en función de la conductividad térmica del material de la pared y el coeficiente de transferencia de calor total del sistema

$$\mathbf{h}_T = \mathbf{h}_r + \mathbf{h}_c \quad (3.12)$$

Esta expresión relaciona el coeficiente de transferencia de calor por radiación h_r y el coeficiente de transferencia de calor por convección h_c (13-20 W/m² K) de la llama.

Por consiguiente la ecuación de la longitud efectiva (m) es.

$$Le = \frac{k}{h_t} \quad (3.13)$$

Para realizar el método grafico de Schmidt se divide la placa en un cierto número de incrementos de distancias Δx , sea $t_{n,m}$ la temperatura a un incremento de distancia n del origen $n\Delta x$, después de m incrementos de tiempo $m\Delta\theta$, cuando x es constante, el cambio de temperatura con el tiempo en el plano $m\Delta x$ desde la superficie es:

$$\Delta T_\theta = \frac{T_{n,m+1} - T_{n,m}}{\Delta x}$$

Cuando el tiempo es una constante, la variación de la temperatura con la distancia es. $\Delta T_x = \frac{T_{n+1,m} - T_{n,m}}{\Delta x}$, siendo que el incremento con la distancia y el tiempo se toman de manera que $\alpha \frac{\Delta\theta}{\Delta x^2} = \frac{1}{2}$.

Cada línea tiene una pendiente muy próxima al gradiente de temperatura en el centro de la capa, dado que existe una diferencia de temperatura, el calor puede fluir desde un área de alta temperatura (zona de flama) a región de baja temperatura a través de una tasa proporcional de la gradiente de temperatura.

En la primera capa de gradiente inicial de temperatura es $(T_0^0 - T_1^0)/2$, y en la segunda capa es $(T_1^0 - T_2^0)/2$. Durante un intervalo de tiempo el calor se conduce por consiguiente desde la superficie al plano de corte seccional.

En la misma manera se puede expresar que la temperatura en algunos planos en el tiempo $(t+1)\Delta\theta$ es la media aritmética en las temperaturas en el plano de cada cara en $t\Delta\theta$ es:

$$T_n^{t+1} = \frac{T_{n-1}^t + T_{n+1}^t}{2} \quad (3.14)$$

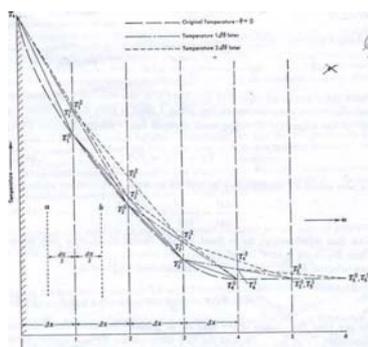


Figura 3.2 Gráfico del Método de Schmidt

TABLA 3.4
VARIACIÓN DE LA TEMPERATURAS EN FUNCION DEL TIEMPO Y DEL INCREMENTO DE
DISTANCIA EN LA PARED

TIE MP O	T llama (K)	T1(K)	T2 (K)	T3(K)	T4 (K)	T5 (K)	T6 (K)	T7 (K)	T8 (K)	T9 (K)	Tam b (K)	hr	K/Ht (cm)
0	1473	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303	1,9418	0,05
1	1473	718.06	303	303	303	303	303	303	303	303	303	2,7725	0,048
2	1473	741.88	510.53	303	303	303	303	303	303	303	303	2,807	0,048
3	1473	873	522.44	406.77	303	303	303	303	303	303	303	3,192	0,047
4	1473	888.82	639.88	412.72	354.88	303	303	303	303	303	303	3,2207	0,047
5	1473	961.95	650.77	497.38	357.86	328.94	303	303	303	303	303	3,4729	0,046
6	1473	973.16	729.67	504.32	413.16	330.43	315.97	303	303	303	303	3,4963	0,046
7	1473	1021.8	738.74	571.41	417.37	364.57	316.72	309.49	303	303	303	3,6822	0,046
8	1473	1030.1	796.59	578.06	467.99	367.04	337.03	309.86	306.24	303	303	3,7017	0,046
9	1473	1065.5	804.1	632.29	472.55	402.51	338.45	321.63	306.43	304.62	303	3,8474	0,045
10	1473	1072	848.89	638.32	517.4	405.5	362.07	322.44	313.13	304.71	303	3,8638	0,045
11	1473	1099.2	855.16	683.15	521.91	439.74	363.97	337.6	313.58	308.06	303	3,9827	0,045
12	1473	1104.4	891.17	688.54	561.44	442.94	388.67	338.77	322.83	308.29	303	3,9967	0,045
13	1473	1126.1	896.46	726.31	565.74	475.05	390.86	355.75	323.53	312.92	303	4,0963	0,045
14	1473	1130.4	926.22	731.1	600.68	478.3	415.4	357.19	334.33	313.27	303	4,1084	0,045
15	1473	1148.3	930.75	763.45	604.7	508.04	417.75	374.87	335.23	318.67	303	4,1937	0,044
16	1473	1151.8	955.87	767.72	635.75	511.22	441.45	376.49	346.77	319.11	303	4,2043	0,044
17	1473	1166.9	959.79	795.81	639.47	538.6	443.86	394.11	347.8	324.88	303	4,2783	0,044
18	1473	1169.9	981.35	799.63	667.2	541.66	466.36	395.83	359.5	325.4	303	4,2877	0,044
19	1473	1182.8	984.77	824.28	670.65	566.78	468.75	412.93	360.61	331.25	303	4,3529	0,044
20	1473	1185.4	1003.5	827.71	695.53	569.7	489.85	414.68	372.09	331.81	303	4,3613	0,044

21	1473	1196.5	1006.5	849.53	698.7	592.69	492.19	430.97	373.24	337.54	303	4,4192	0,044
22	1473	1198.8	1023	852.62	721.11	595.45	511.83	432.72	384.26	338.12	303	4,4267	0,044
23	1473	1208.6	1025.7	872.07	724.03	616.47	514.08	448.04	385.42	343.63	303	4,4787	0,044
24	1473	1210.6	1040.3	874.87	744.27	619.06	532.26	449.75	395.84	344.21	303	4,4855	0,044
25	1473	1219.2	1042.7	892.3	746.97	638.26	534.4	464.05	396.98	349.42	303	4,5324	0,044
26	1473	1221	1055.8	894.85	765.28	640.69	551.16	465.69	406.73	349.99	303	4,5385	0,044
27	1473	1228.7	1057.9	910.53	767.77	658.22	553.19	478.94	407.84	354.87	303	4,581	0,043
28	1473	1230.3	1069.6	912.84	784.37	660.48	568.58	480.51	416.9	355.42	303	4,5866	0,043
29	1473	1237.2	1071.6	926.99	786.66	676.48	570.5	492.74	417.97	359.95	303	4,6252	0,043
30	1473	1238.6	1082.1	929.11	801.74	678.58	584.61	494.23	426.35	360.48	303	4,6303	0,043
31	1473	1244.8	1083.8	941.91	803.84	693.17	586.4	505.48	427.36	364.67	303	4,6656	0,043
32	1473	1246	1093.3	943.84	817.54	695.12	599.33	506.88	435.08	365.18	303	4,6702	0,043
33	1473	1251.6	1094.9	955.44	819.48	708.43	601	517.2	436.03	369.04	303	4,7025	0,043
35	1473	1257.8	1105	967.73	833.72	722.38	614.38	527.97	444.02	373.06	303		
		0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	Cm.		

* Cada intervalo de tiempo equivale a 9 min., es decir en cada 7 espacios transcurrirá una hora.

Debido a que el acero tiene un coeficiente de conductividad térmica mucho mayor que el refractario para el presente diseño se considera que la temperatura de la cara exterior del refractario sea la misma que la temperatura del lado exterior de la plancha a utilizar.

Como se puede observar en el tabla 3.4 estableciendo una temperatura constante de la flama de 1473 K (1200 °C) y una temperatura inicial de la masa del refractario sea de 303 K (30° C), en la primera hora la temperatura interna de la pared es de 972.2 K (699,19 ° C), temperatura externa 303 K (30° C). A medida que pasa el tiempo en la quinta hora se puede observar una la temperatura interna del horno es 1209 K (936 °C) y la temperatura externa es de 365.37 K (92.37 °), por lo cual es necesario colocar un sistema de aislamiento en la parte exterior del horno con la finalidad que cumpla con la norma requerida para su funcionamiento.

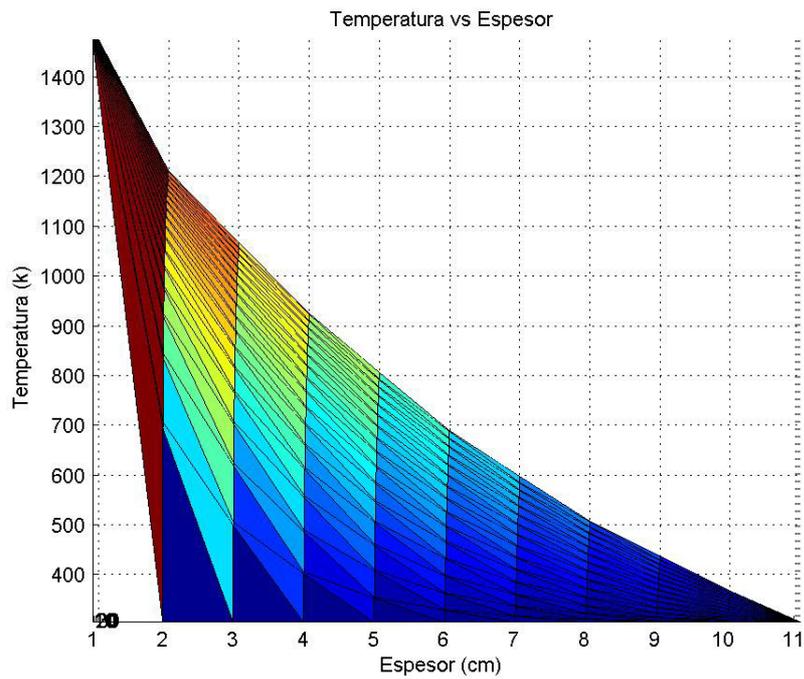


Figura 3.4 Grafica de superficie en base al método de Schmidt

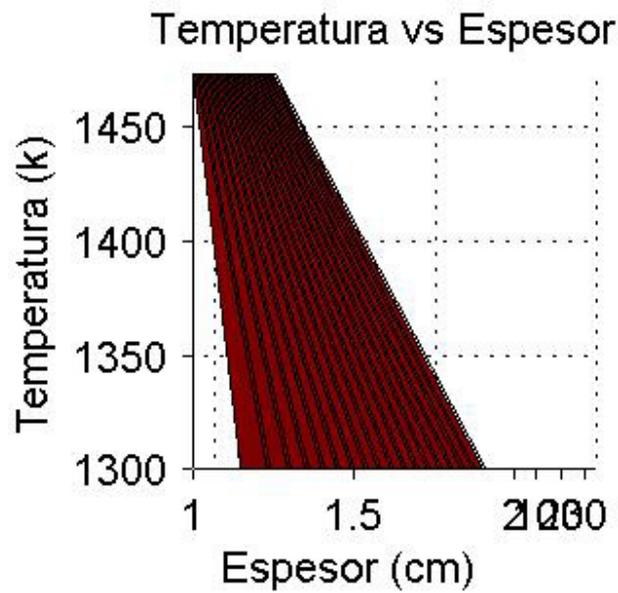


Figura 3.5 variación de la temperatura del gas en un determinado periodo

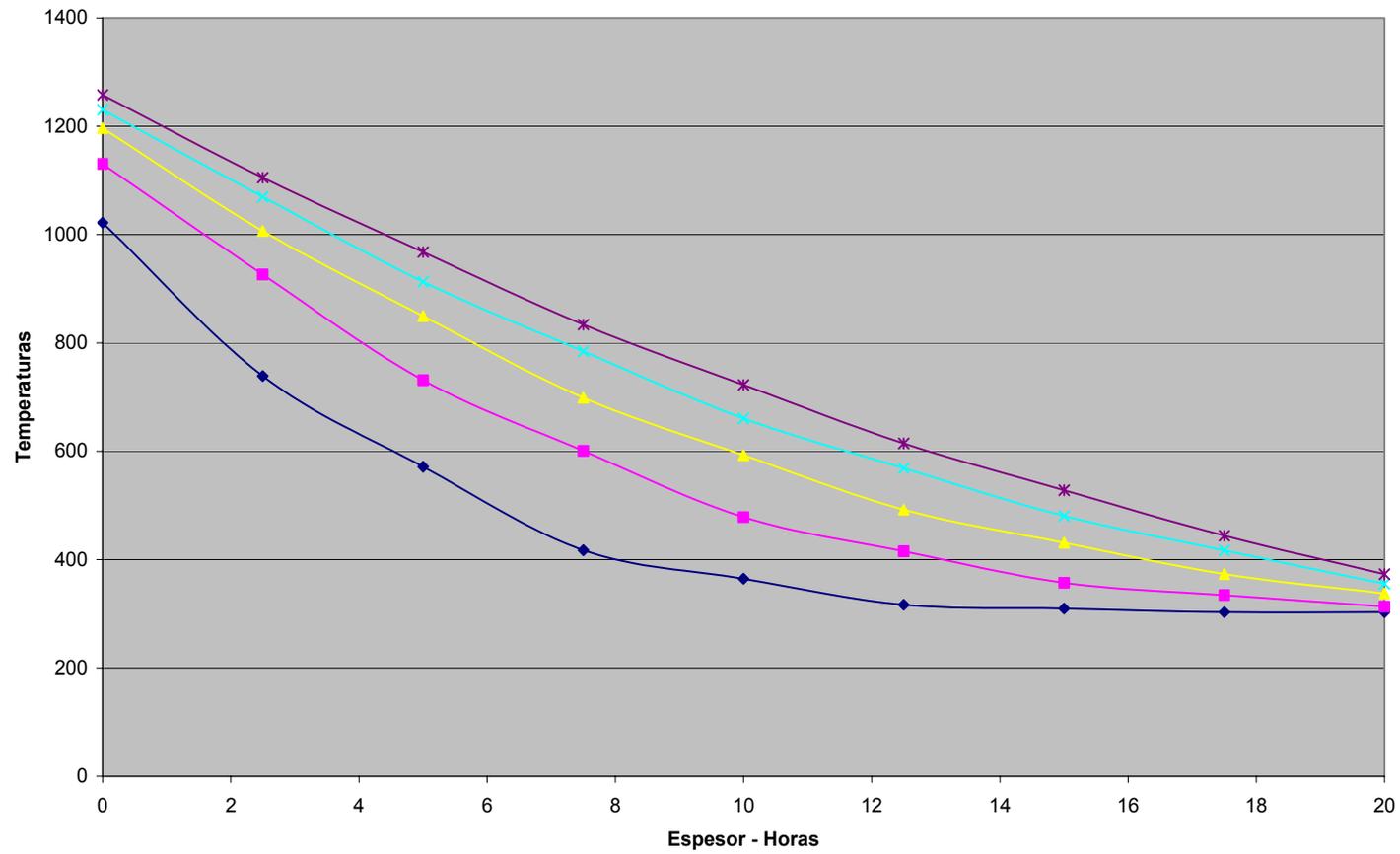


Figura 3.6. Variación de la temperatura durante las cinco primeras horas

En la Figura 3.3 podemos apreciar diferentes curvas de distribución de temperatura con respecto al espesor del refractario y ésta a su vez varía con respecto al tiempo de una manera ascendente debido al tiempo necesario para la transferencia de calor en la cámara de combustión del horno

A continuación se muestra los resultados de las temperaturas obtenidas en el refractario tanto en la parte interna (cara interior del refractario), el promedio del refractario (temperatura promedio de todo el refractario) y en su parte externa (cara exterior del refractario) considerando que el horno experimental trabaje durante cinco horas.

TABLA 3.5

VARIACIÓN DE TEMPERATURAS DURANTE LAS PRIMERAS 5 HORAS DE OPERACIÓN DEL INCINERADOR

Tiempo (Horas)	Temp. Interna °C	Temp. Externa °C	Temp. Prom °C
1	748,8	30	187,46
2	857,4	40,27	297,63
3	923,5	64,57	378,54
4	957	82,42	437,77
5	984,8	100,1	480,83

3.3 CALCULO DE LA CAMARA DE COMBUSTIÓN

Para realizar el dimensionamiento de las cámaras de combustión se procederá a realizar un balance de energía, teniendo a consideración que a medida que varía el tiempo habrá un calentamiento longitudinal a través de las cámaras, el cual dependen del exceso de aire, los residuos cargados al incinerador (Volumen de producción, composición, humedad, y poder calorífico), tipo de combustible, volumen de la cámara, calor específico de los gases de combustión, temperatura de los gases de entrada y salida.

La temperatura de entrada en la cámara de combustión del incinerador se la ha tomado de 800°C debido a que es la energía recuperada a través de los intercambiadores de calor en el sistema térmico antes de que los gases de combustión vayan a la chimenea. La temperatura de salida previa a los intercambiadores de calor sería de 1200°C con la finalidad de que la velocidad de reacciones químicas de destrucción tenga tiempo suficiente para que se destruyan totalmente la formación de contaminantes.

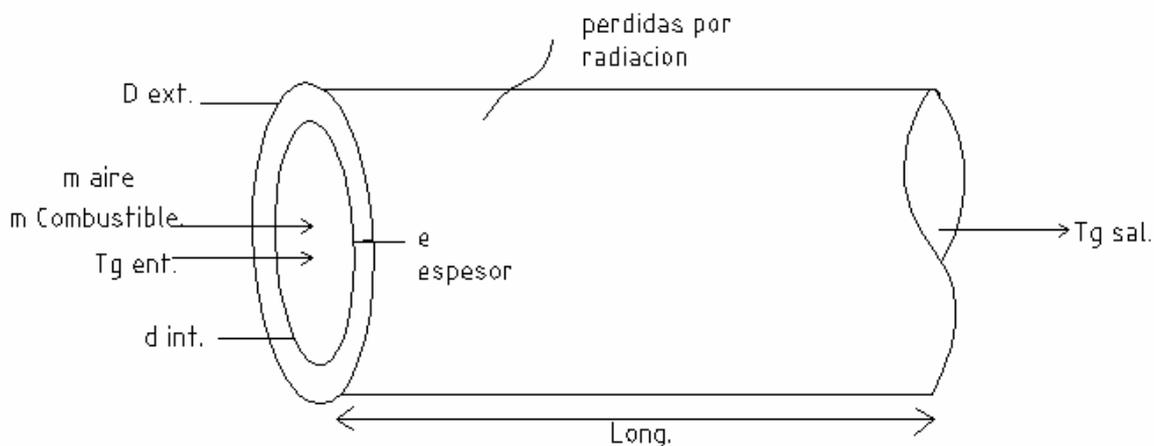


Figura 3.7 Flujos de entradas y salidas en el proceso

De la figura 3.5 se puede establecer el balance global de energía de la siguiente forma:

$$E_{Fuel} + E_{Biomasa} = E_{Almacenada\ en\ las\ paredes} + E_{Gases\ de\ combustion} + E_{Gases\ de\ biomasa} \quad (3.9)$$

$$m_{Fuel} H_{v_{Fuel}} + f_1 m_{Biomasa} H_{v_{Biomasa}} = m_{Paredes} C_{p_{Paredes}} \Delta T_{Paredes} + 20 m_{Fuel} C_{p_{Gases}} \Delta T_{Gases} + f_1 f_2 m_{Biomasa} C_{p_{Gases}} \Delta T_{Gases}$$

(3.15)

El factor f_1 de la ecuación anterior es el porcentaje del sólido útil que es utilizado para la incineración del desecho

El factor f_2 es el porcentaje de relación aire/biomasa utilizado

Considerando que se utiliza mayor consumo de combustible cuando no se incinera ningún desperdicio en el horno, debido que el término $f_1 m_{\text{Biomasa}} H_{v_{\text{Biomasa}}}$ es mucho mayor que el término $f_1 f_2 m_{\text{Biomasa}} C_{p_{\text{Gases}}} \Delta T_{\text{Gases}}$ en magnitud, por consiguiente la ecuación queda:

$$m_{\text{fuel}} H_{v_{\text{fuel}}} = m_{\text{paredes}} C_{p_{\text{paredes}}} \Delta T_{\text{paredes}} + 20 m_{\text{fuel}} C_{p_{\text{gases}}} \Delta T_{\text{gases}} \quad (3.16)$$

$$\dot{O} \quad E_{\text{fuel}} = E_{\text{total almacenada}} + E_{\text{gases de combustión}}$$

Energía Total de Almacenamiento

Para determinar la cantidad de energía almacenada que se necesita para dimensionar correctamente la cámara de combustión es necesario considerar; las energías acumuladas en la pared, la cantidad de desechos orgánicos que se quemaran en la cámara primaria, que estos a su vez contienen una cantidad de agua que producirá pérdidas de energía

$$E_{\text{total almacenamiento}} = E_{\text{pared}} + E_{\text{basura}} - E_{\text{agua}} \quad (3.17)$$

Donde;

E_{pared} es la energía almacenada en la pared, y esta depende de la densidad promedio, calor específico de los materiales refractarios, Volumen total de las cámaras y la diferencia de temperatura promedio.

$$E_{\text{pared}} = \rho_{\text{pared}} V_{\text{pared}} C_p \Delta T$$

$$\rho = 1512.5 \text{ Kg/m}^3$$

$$C_p = 980 \text{ J/ Kg K}$$

$$V_{\text{pared}} = \frac{\pi(D_{\text{ex}}^2 - d_{\text{in}}^2) * L}{4}$$

D_{ex} . diámetro externo 1 m

D_{in} . diámetro interno 0.6 m

L : La longitud es una de las variable, que se ira probando hasta obtener el tiempo de residencia adecuado establecido por la norma especifica en el capitulo 2

E_{basura} es la energía producto de la quema de los desechos a incinerar este depende de la cantidad de residuos, calor latente y del poder calorífico del residuo.

$$E_{\text{basura}} = m_b f_L \cdot P_{CF\text{basura}}$$

f_L calor latente de la basura esta considero entre los 1000 Cal/ Kg

El dimensionamiento de las cámaras de combustión dependerá que la cantidad de residuos que se incineren, en este caso se combustionarán 20 Kg. de residuo durante un determinado tiempo.

TABLA 3.6
DISTRIBUCIÓN Y CÁLCULO DEL PESO SECO PARA LOS DIFERENTES
RESIDUOS

Residuos	Peso % (distribución) *	Contenido másico Humedad % **	Peso Húmedo Kg.	Peso Seco Kg.
Plásticos	20	2	4	3.92
Tejidos	30	10	6	5.4
Papel	10	6	2	1.88
Vidrio	10	2.8	2	1.944
Fluidos	3	40	0.6	0.36
Órganos	20	78.24	4	0.86
Inertes	5.5	5	1.1	1.045
Metal	1	3	0.2	0.194
Madera	0.5	20	0.1	0.08
TOTAL	100 %		20 Kg.	15.69 Kg

* Distribución aproximada de los desechos cargados al incinerador,
 CEPIS-REPAMAR

** Análisis aproximado del componente de la basura Grupo CALTEC

Para obtener la cantidad de peso húmedo se utiliza la siguiente relación:

$$\text{PesoH} = \frac{\% \text{peso} * \text{Masa(Kg)}}{100} \quad (3.18)$$

Para obtener la cantidad en (Kg) de peso seco se utiliza la siguiente ecuación :

$$\text{PesoS} = \text{PesoH} - \text{PesoH} * \% \text{humedad} \quad (3.19)$$

TABLA 3.7

PODER CALORÍFICO DE LOS RESIDUOS

Residuos	Poder calorifico (Kcal/Kg)
Plásticos	9000
Tejidos	4000
Papel	4000
Vidrio	0
Fluidos	4000
Órganos	4000
Inertes	4000
Metal	0
Madera	4000

El método establecido por el CEPIS para estimar el poder calórico de la basura se da de la siguiente forma.

Residuos			Humedad %
a. Papel	6	}	$\frac{a + b + c + d}{100} \times 4000$
b. Trapos	5		
c. Madera	20		
d. Alimentos	78.24		
e. Plásticos	2	}	$\frac{e}{100} \times 9000$
f. Metales	3		
g. Vidrios	2.8	}	$\frac{f + g}{100} \times 0$

Por lo tanto el poder calórico de la basura esta dado de la siguiente ecuación

$$P_{CFb} \text{ (kcal / Kg)} = 40 * (a + b + c + d) + 90 * e \quad (3.20)$$

$$P_{CFb} = 4550.8 \text{ Kcal / Kg}$$

E_{agua} Es la cantidad de agua que pierde los residuos al ser incinerados, esta dado por la cantidad de agua del desecho, el calor latente , calor especifico del agua y la diferencia de temperatura entre la temperatura inicial y la temperatura final que el residuo se va a incinerar.

$$E_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} * C_L * Cp * \Delta T$$

Del cual;

M_{agua} la masa de agua se obtiene de la resta de la cantidad de residuo a incinerar menos el peso en estado seco del mismo. 4.3 Kg

C_L ; 540 cal/ Kg

C_p ; 1 Kcal/ Kg = 4.18 KJ/Kg

A través de este procedimiento tenemos la siguiente tabla de valores para las diferentes temperaturas promedio obtenidas durante un lapso de cinco horas. La energía almacenada a partir de la segunda hora es la energía adicional necesaria para mantener la temperatura que se desea tener en la cámara de combustión.

TABLA 3.8

VALORES DE LA ENERGÍA TOTAL ALMACENADA

Horas	Temp. Promedio	Energía almacenada
(s)	(°C)	KJ / h
1	187,46	1981370,23
2	297,63	1854527,92
3	378,54	1776046,08
4	437,77	1717895,49
5	480,83	1674523,95

Consumo de Combustible

A partir del despeje de la ecuación 3.16 podemos obtener la cantidad de combustible que se necesita para el funcionamiento del equipo.

$$m_{\text{fuel}} = \frac{E_{\text{TotalAlmacenada}}}{H_v - 20 * C_p_{\text{gases}} * \Delta T_{\text{gases}}} \quad (3.21)$$

Las propiedades de los gases de combustión se aproximarán al de las propiedades del aire, por tanto el calor específico del gas es 1.159 KJ/Kg K, obtenido de la temperatura de recuperación de 800 °C

El combustible a utilizar es el Fuel Oil N° 2, cuyas especificaciones técnicas están detalladas a continuación.

TABLA 3.9
PROPIEDADES DEL FUEL OIL N° 2

Densidad	855 Kg/m ³
Poder calorífico	45925.66 Kj/Kg
Punto de Inflamabilidad	51 °C
Contenido H ₂ O	0.05 %
Cenizas	0.01 %
Calor específico	1700 J/Kg K
Peso específico	0.855-0.876

Por tanto reemplazando los datos en la ecuación 3.21 obtenemos los siguientes resultados:

TABLA 3.10
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR HORA

Horas	Consumo de Fuel # 2	Consumo de Fuel # 2
(s)	Kg/h	gal/h
1	53,95	16,35
2	50,50	13,99
3	48,36	13,40
4	46,78	12,96
5	45,60	12,63

En la tabla 3.10 podemos apreciar que el consumo mayor de combustible se da en la primera hora de funcionamiento del equipo en donde tiene un consumo de 16.35 gal/hora, en cambio en la quinta hora hay que adicionar 13.82 gal para que se logre mantener la temperatura deseada en la cámara de combustión.

3.4 TIEMPO DE RESIDENCIA

Para el cálculo del tiempo de residencia de los gases de combustión se debe de entender que el tiempo de residencia es el tiempo necesario que debe tomar los gases de combustión en la cámara para que se eliminen los diferentes compuestos orgánicos que se pueden formar por la eliminación térmica de los diferentes desechos.

El tiempo de residencia esta expresada por la relación entre la longitud total del incinerador con respecto a la velocidad de los gases de salida de las cámaras de combustión.

$$t_{\text{Residencia}} = \frac{\text{Longitud}}{V_{\text{gas}}} \quad (3.22)$$

Por lo tanto antes de calcular el tiempo de residencia necesitamos conocer la velocidad de los gases, y ella depende del flujo de gas.

Para obtener la cantidad de flujo de gas que pasa por las cámaras de combustión partimos del consumo de combustible Fuel Oil N° 2 cuyos valores obtenidos se pueden apreciar en la tabla 3.10, estos valores se multiplican por el exceso de aire que se recomienda para producir una buena combustión (20 %)

$$\dot{m}_g = \dot{m}_f * 20 \quad (3.23)$$

Para el cálculo de la Velocidad de los gases se considera la correlación entre el flujo de gas, el área interna de la cámara y la densidad de los gases de las temperaturas promedios.

$$V_{\text{gas}} = \frac{m_g}{\pi * d^2 * \rho_{\text{gas}} / 4} \quad (3.24)$$

En la siguiente tabla se muestra el flujo de gas, la velocidad del gas y el tiempo de residencia de los gases de combustión obtenidos.

TABLA 3.11
TIEMPO DE RESIDENCIA

Horas	Flujo de gas	Velocidad del gas	Tiempo de residencia
(s)	Kg/h	m/s	s
1	1079,01	1,40	2,6
2	1009,94	1,63	2,2
3	967,20	1,78	2,0
4	935,53	1,88	1,9
5	911,91	1,94	1,9

Como se puede observar en la tabla 3.11 el tiempo de residencia en la segunda hora donde comienza la recuperación de energía el tiempo de residencia es mayor a 2 segundo por consiguiente estamos cumpliendo las normas establecidas por la EPA , TULA (capitulo 2). A través de varias pruebas se estimo la longitud total de las cámaras de incineración, el cual constara de una cámara primaria y dos cámaras secundarias de 1.2 m cada una.

TABLA 3.12
DIMENSIONAMIENTO DE LAS CAMARAS

Densidad de pared	1512,5	Kg/m ³
Cp pared	0,98	Kj/Kg K
Dexterno	1	m
Dinterno	0,6	m
Longitud total	3,6	m
masa refractario	2736,962	Kg
Volumen	1,809562	m³

3.5 SELECCIÓN DE LA PARRILLA

Todos los incineradores tanto para desechos hospitalarios como industriales deben contar con dispositivos que permita depositar los residuos y recoger las cenizas,

Cabe indicar que la quema total de los residuos se da a través de un diseño correcto de la parrilla y el efecto de controlar el aire introducido en el equipo

La parrilla deberá constar de una Plancha de acero al carbono AISI-1020 laminado en frío (límite elástico a la tensión 393 Mpa, Resistencia Máxima 469 Mpa, elongación en 2 in 15%, Dureza Brinell 131 HB), la misma deberá contara con pequeñas perforaciones con el objeto que se pueda escurrir los lixiviados.

En la cámara de post combustión (primera modular) el cual tendrá temperaturas mas de 800 °C, se convendrá adaptar guías en las partes laterales del interior de la cámara, con la finalidad de poner movilizar la parrilla manualmente.

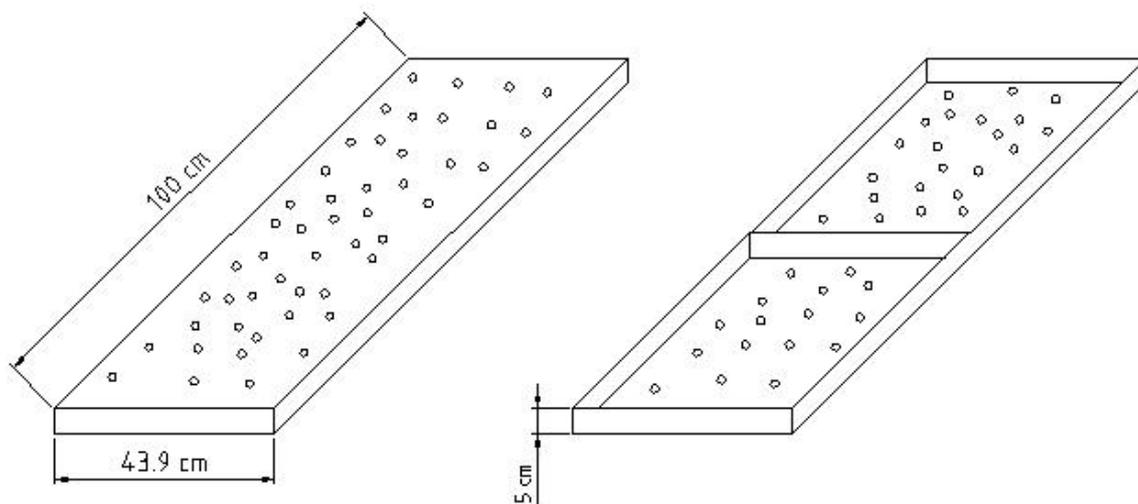


Figura 3.8 Esquema de la parrilla

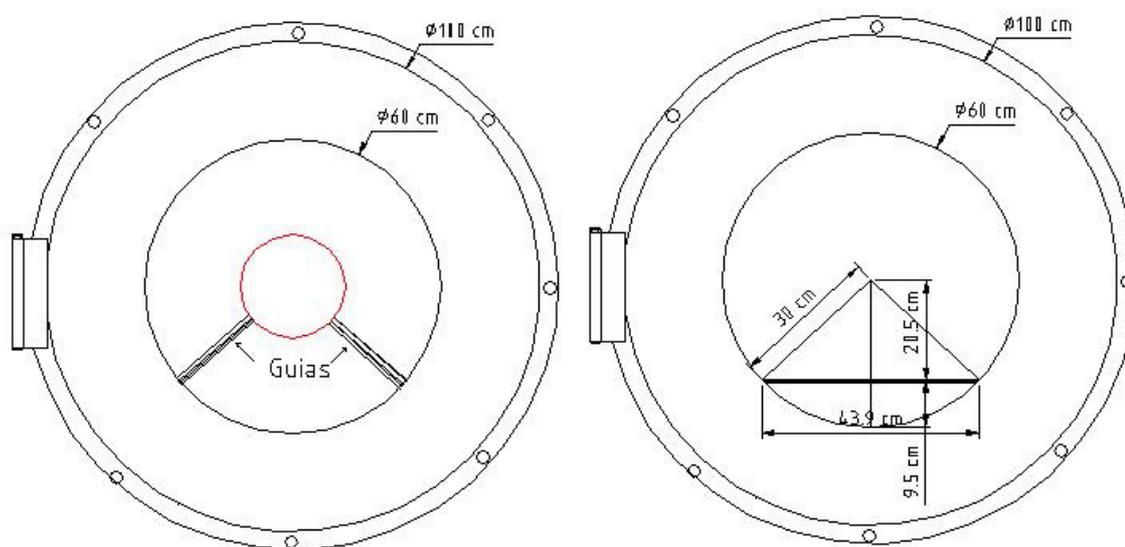


Figura 3.9 Esquema de la localización de las Guías y de la parrilla en el interior de la primera cámara

Colectores de ceniza

La recolección de ceniza es un proceso importante dentro de la incineración y constituye por lo tanto una parte esencial en un incinerador. Considerando que al tener un buen manejo en la quema de los desechos por altas temperatura (mayores de 800 °C), es lógico que no posean ningún agente patógeno y por tanto no representan ningún riesgo para la persona que la manipula.

Uno de los requisitos para el buen funcionamiento del incinerador es que su ceniza no tenga agentes contaminantes peligrosos, de tal manera que se hace indispensable tomar muestras de las cenizas y realizar el análisis físico-químico correspondiente.

Para este tipo de incinerador se considera un sistema manual de recolección de cenizas. Este sistema necesita de un operador para su completo funcionamiento. Tiene puerta de fácil acceso para que el operador pueda remover toda la ceniza con una pala, alcanzando todos los puntos del incinerador, también se recomienda usar rociadores para una buena limpieza.

3.6 SELECCIÓN DEL QUEMADORES Y SOPLADOR

Selección de los quemadores

Muchos quemadores de hornos y calderas, a gas o a gasoil, producen llamas estabilizadas por rotación, como la tasa de transferencia de calor por radiación es muy superior a la convección, en particular a alta temperatura es conveniente que en la primera cámara el horno se debe trabajar con poco exceso de aire. El aire, que es forzado por un soplador, recibe un movimiento de rotación que sirve para estabilizar una zona de recirculación toroidal en el centro del vórtice. El toroide de recirculación promueve la mezcla y reduce la velocidad del flujo, estabilizando la llama.

Los puntos de interés incluyen:

- Estabilidad de la llama
- Evaporación y quemado de gotas (gasoil y fuel oil)
- Mezclado de aire y combustible
- Largo de la llama
- Radiación
- Emisión de contaminantes, particularmente NOx y humo/ hollín.

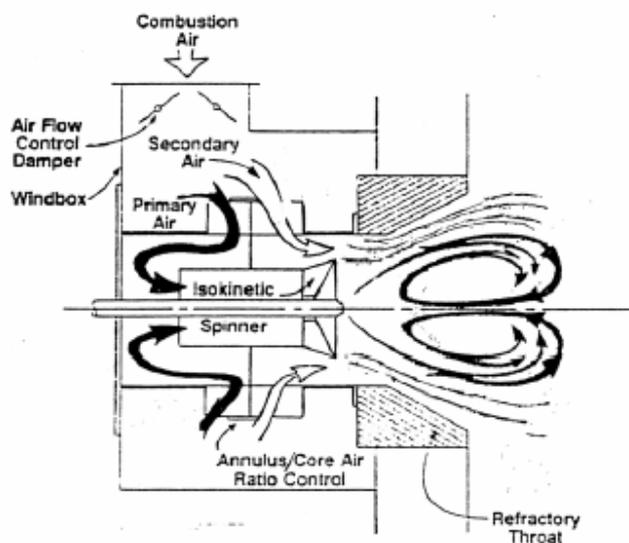


Figura 3.10 Quemador industrial con rotación y toroide de recirculación

Estos tipos de quemadores de alta velocidad tienen como principal funcionamiento de transmitir el calor de la combustión bajo la forma de chorro gaseoso de alta energía cinética. De esta forma se puede obtener un intercambio de calor por convección muy elevado y una agitación energética, de la atmósfera del recinto en donde se pretende calentar, de forma homogénea.

Realizado el balance energético de las cámaras y determinada la cantidad de combustible necesario, se seleccionan los quemadores más adecuados.

Los quemadores deberán ser colocados por encima del nivel máximo de ceniza que se acumule en la primera cámara del incinerador, así como del nivel máximo de carga que sea introducida en el mismo.

El quemador debe de contar con:

- 1) Un dispositivo de mezcla del combustible y comburente
- 2) Una cámara de combustión (tobera)
- 3) Un orificio de salida de los productos de la combustión ya completada que produce el chorro (final de la tobera)

El quemador principal seleccionado para este tipo de equipo, tendrá una potencia máxima de 1981370.23 KJ/h (550.38 KW), consumo de combustible 12 -17 GPH (44-54 KJ/h) ubicado en la primera cámara la primera, cuyas características técnicas esta especificadas a continuación

TABLA 3.13
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL QUEMADOR PRINCIPAL

Marca	OERTLI
Modelo	EM- 70 FOM
Consumo kg/h fuel oil	35 – 70
Combustible	Fuel Oil N° 2
Potencia Kw	398 – 796
Presión de bomba (bar)	25 - 28
Pre calentador eléctrico (Kw)	7.4
Control	On-off
Características eléctricas	115-120 V / 60Hz / 1 PH
Motor	1/2 HP, 3450 r.p.m., protecciones y reset manual
Motor ventilador (Kw)	1.5
Viscosidad	20° E a 50 ° C
Ignición	10,000 V / 23 secundario, con transformador
Protección:	sensor electrónico de llama

En la cámara secundaria se necesitara un segundo quemador de menor capacidad con el objeto de aumentar la temperatura de 800 °C a 1200

°C , con esto se lograra eliminar en los gases de combustión los contaminantes que se generan por la quema de residuos hospitalarios.

TABLA 3.14

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL QUEMADOR SECUNDARIO

Marca	Wayne
Modelo	Hs
Consumo gal/h fuel oil	0.5- 3
Combustible	Fuel Oil N° 2
Presión de bomba (bar)	25-28
Control	On-off
Características eléctricas	115-V / 60Hz / 1 PH
Motor	1/7 HP, 3450 r.p.m., protecciones y reset manual
Viscosidad	20° E a 50 ° C
Ignición	10,000 V / 23 secundario, con transformador
Protección:	sensor electrónico de llama

Todo quemador debe contar con los siguientes parámetros:

Control electrónico de velocidad

- Bajo nivel de ruido
- Bajo consumo energía eléctrica
- Caudal de aire óptimo

Sistema electrónico de regulación

- Puede ser programado manualmente o desde PC
- La configuración se puede salvar en un disco

Combustión con bajos niveles de contaminantes

- De acuerdo a la normativa suiza, una de las más restrictivas existentes en el mundo

Ventilador incorporado

- Quemador totalmente precableado
- Rápida puesta en marcha
- Fácil accesibilidad para mantenimiento

Carcasa de dos cuerpos

- Control de quemador incorporado mediante regulación electrónica
- Bloque hidráulico para funcionamiento con gasóleo

Selección de los sopladores (ventiladores)

Partiendo de la ecuación 3.18, donde se determino la cantidad de flujo de gas que pasa por las cámaras de combustión este a su vez estaba relacionado con el consumo de combustible Fuel Oil N° 2 que se necesitaría para el calentamiento y quema de los residuos (tabla 3.11).

$$\dot{m}_{\text{aire}} = 1079.01 [\text{Kg} / \text{h}]$$

A partir de este dato se calcula el caudal de aire total:

$$C_{\text{tot}} = \frac{\dot{m}}{\rho_{\text{aire}}} \quad (3.25)$$

Siendo la densidad del aire se toma en condiciones estándar 27 °C (300 K)

$$\rho_{\text{aire}} = 1.1614 [\text{Kg} / \text{m}^3]$$

$$C_{\text{tot}} = 930.18 [\text{m}^3 / \text{h}]$$

$$C_{\text{tot}} = 542.6 [\text{ft}^3 / \text{min}]$$

Este caudal de aire debe suministrarse en la primera y segunda cámaras. En la primera cámara es necesario una condición de exceso de aire, se suministra en ésta 500 CFM y en la segunda 42 CFM. , donde los gases pasan a mayor velocidad, a fin de que exista una mejor mezcla del aire con los gases productos de la combustión de la primera cámara

Sistema de alimentación y retorno de combustible secundario.

Antes de que los desperdicios sólidos sean introducidos en cualquier cámara del incinerador, es necesario que éstas alcancen la temperatura de operación. El calentamiento inicial se realiza utilizando un sistema de combustible secundario. Además, durante el proceso de incineración se debe mantener la temperatura de operación tanto en la primera como en la segunda cámara, para lo cual se requiere del sistema secundario de combustión.

Durante la operación del quemador se debe proveer de un tanque de uso diario de fuel oil N°2. En el dimensionamiento de éste se debe tener en cuenta que el incinerador requerirá de un volumen para al menos dos días de funcionamiento.

Volumen _{tanque diario} = días x [(consumo 1^{era} cámara + consumo 2^{da} cámara) x horas diarias de operación del equipo + precalentamiento durante las horas de operación]

$\text{Volumen}_{\text{tanque diario}} = 2 \times [(16.35 + 3) \times 5 + 74.29]$
 $\text{Volumen}_{\text{tanque diario}} = 342.09 \text{ litros} = 90.4 \text{ gal}$ con un factor de seguridad de 1.5 da aproximadamente 135.6 gal

Por cuanto la bomba de combustible de los quemadores gira a velocidad constante y el requerimiento de combustible no es constante, se debe contar con líneas de alimentación y de retorno del combustible. El sistema de alimentación y retorno de combustible se controla mediante válvulas ubicadas en la tubería de alimentación y retorno, las cuales se abrirán y cerrarán de acuerdo con las necesidades de los quemadores.

Estabilización de la llama

Cuando la velocidad de la mezcla fresca es mayor que la velocidad de quemado (laminar o turbulenta) la llama debe ser estabilizada, o sostenida, en algún punto corriente arriba del flujo, para obtener una llama estable. La llama puede estabilizarse en una capa límite, como ocurre en los bordes de un pico de quemador. Alternativamente la llama puede estabilizarse en una zona de recirculación, como ocurre detrás de un para llama formado por un objeto romo, o en un ensanchamiento súbito del conducto, como en el domo del tubo de llama de un combustor de turbina de gas, o en el centro de un vórtice fuerte.

Para que la estabilización tenga lugar es necesario que la velocidad de quemado de la mezcla sea igual a la velocidad de la mezcla fresca en algún punto, y menor en el resto de la región. Si la velocidad de quemado excede la del flujo la llama se moverá corriente arriba, y si es menor, la llama se propagará como una llama oblicua.

La velocidad de quemado de la mezcla se reduce cuando la llama está muy cerca del borde del pico debido a la pérdida de calor y de radicales activos por la presencia de la superficie fría.

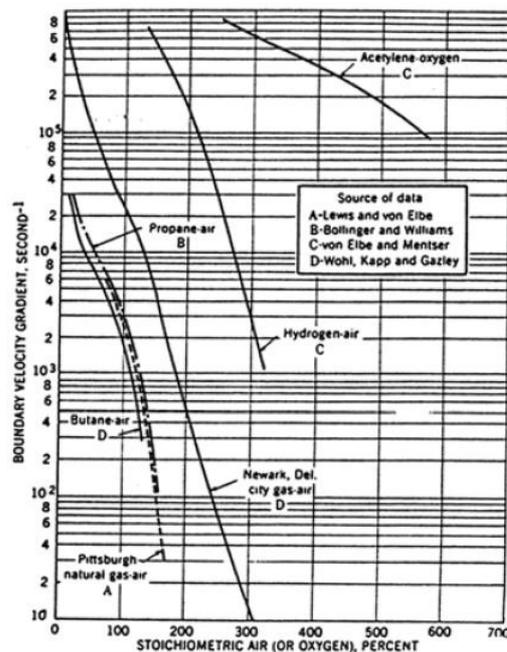


Figura 3.11 Estabilización de la llama, soplando por varios gases

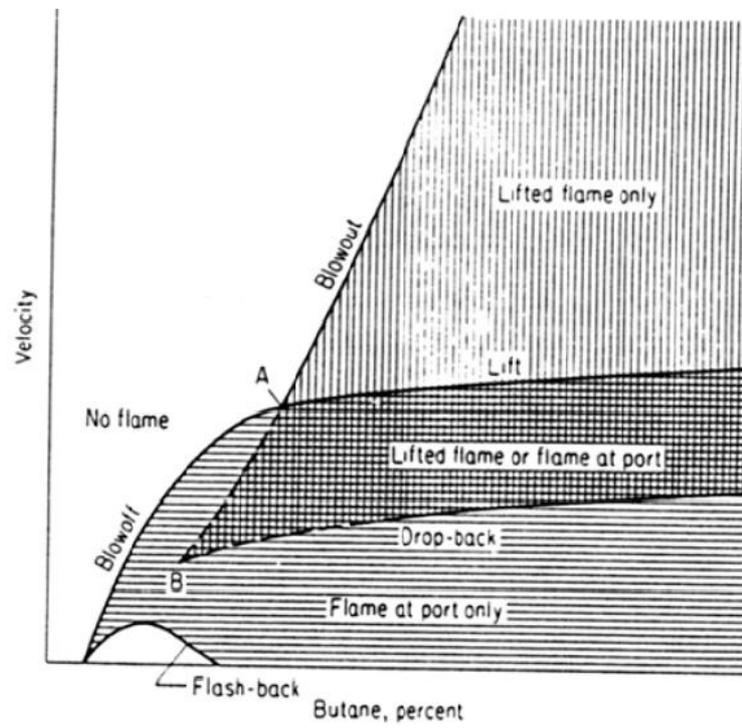


Figura 3.12 Soplado de quemadores

CAPITULO 4

4. COMBUSTIÓN Y CONTROL DE CONTAMINANTES.

La combustión es la reacción de oxidación de un producto químico oxidable, liberando calor y emisiones lumínicas, la reacción se confina generalmente a una zona denominada llama donde se produce la mayor parte de las reacciones del proceso. El oxígeno molecular, generalmente se suministra como aire ambiental.

La reacción de combustión se basa en la reacción química exotérmica de una sustancia denominada combustible, con el oxígeno, esta mezcla de sustancia que contiene oxígeno se denomina comburente.

La reacción química entre el combustible y el oxígeno origina sustancias gaseosas. Los productos más comunes son CO_2 y H_2O . a los productos de una reacción de combustión se los denomina en forma genérica "humos".

Para la realización de los cálculos en el presente capítulo se asumió combustión completa es decir la sustancia combustible se quema al máximo grado posible de oxidación, en consecuencia no habrá CO en los humos. En los productos de la combustión se puede encontrar solo N_2 , CO_2 , H_2O y SO_2 .

4.1 Análisis Químico del Combustible

La composición de un combustible es fundamental para poder determinar los parámetros estequiométricos característicos de la reacción de combustión. Además establece si el mismo es apto o no para el uso que se requiere, en función de la presencia de componentes que puedan ser nocivos o contaminantes.

La forma habitual de indicar la composición de un gas es como porcentaje en volumen de cada uno de sus componentes, en condiciones normales de temperatura y presión. Si se expresa este porcentaje relativo al 100% total, se obtiene la fracción molar, x_i .

Las propiedades más importantes que se caracterizan a los combustibles son:

- 1) composición
- 2) poder calorífico
- 3) viscosidad

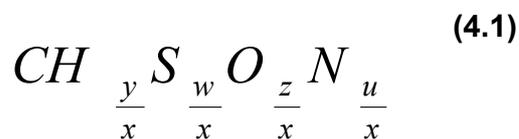
- 4) densidad
- 5) limite de inflamabilidad
- 6) Punto de inflamabilidad o temperatura de ignición
- 7) Temperatura de combustión
- 8) Contenido de azufre.

TABLA 4.1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FUEL OIL N° 2

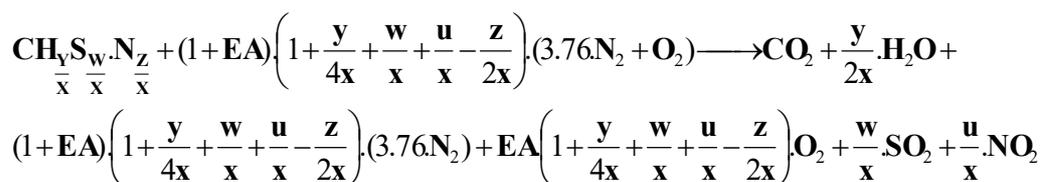
Poder calorifico	45926 KJ/Kg
Punto de inflamación	51 °C
% cenizas	0,001
% S	0,34
% H	13,3685
% C	86,2665
% H ₂ O	0,024
S.G	0,851
Densidad	855 Kg/m ³
Calor especifico	1700 J/Kg K

Formula del Combustible



Donde x, y, w, z, u se refiere a subíndices de número de átomos o porcentaje (ley de proporciones definidas) en la molécula. Por ejemplo $CH_{y/x}$, indica que se tiene y/x átomos de H por cada átomo de C.

Se procede a plantear la ecuación de combustión, de la siguiente forma:



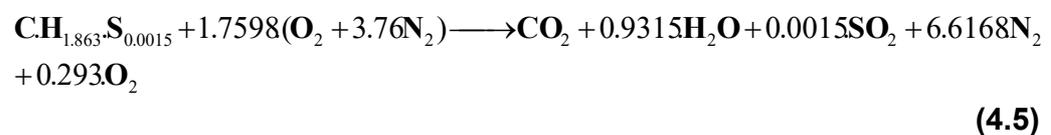
(4.2)

Donde los subíndices se calculan a continuación, siendo **M** las masas de los elementos y **m** la cantidad en porcentaje que estos elementos se encuentran en el compuesto.

$$\frac{y}{x} = \frac{M_{carb} * m_{Hid}}{M_{Hid} * m_{cab}} = \frac{12 * 13.39}{1 * 86.266} = 1.863 \quad (4.3)$$

$$\frac{w}{x} = \frac{M_{carb} * m_{azuf.}}{M_{azuf} * m_{cab}} = \frac{12 * 0.38}{32 * 86.266} = 0.0015 \quad (4.4)$$

Siendo $\frac{z}{x}, \frac{u}{x} = 0$, por motivo que el combustible (Fuel oil N° 2) no presenta en su composición cantidad de oxígeno y Nitrógeno. Considerando un exceso de aire (EA) de 20%, obtenemos la siguiente ecuación general de combustión para el fuel oil N° 2.



Establecidos estos valores se produce a calcular la concentración utilizando la ecuación 4.5 (moles de cada producto dividido para moles totales de los productos), en base húmeda de cada uno de los productos, y el mismo procedimiento se realiza para el cálculo de la base seca (en este caso no se considera la cantidad de agua generada en los productos).

Es decir para calcular la cantidad de humos en base humedad para el SO_2 se procede de la siguiente manera:

$$(\text{SO}_2)_{\text{B.H}} = \frac{0.0015}{1 + 0.9315 + 0.0015 + 6.6168} = 0.000167 = 0.0167\%$$

Para determinar el porcentaje de SO₂ en base seca se procede de la siguiente forma:

$$(\text{SO}_2)_{\text{B.S}} = \frac{0.0015}{1 + 0.0015 + 6.6168} = 0.000186 = 0.0186\%$$

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones volumétricas calculadas a partir de la ecuación de combustión.

TABLA 4.2
CONCENTRACIONES EN BASE HÚMEDA Y EN BASE SECA

Productos	Base seca %	Base húmeda %
CO ₂	12.63	11.3
SO ₂	0.0186	0.0167
NO ₂	0	0
N ₂	83.639	74.83
O ₂	3.7074	3.31
H ₂ O	----	10.53

Así mismo se puede determinar la masa de los productos en cada uno de los compuestos a partir de la ecuación general de Combustión (4.5), sabiendo de antelación los pesos establecidos en la tabla periódica de cada uno de los elementos que intervienen en esta ecuación (C = 12 uma , O = 16 uma, H =1 uma, N = 14 uma, S = 32 uma).

TABLA 4.3

MASA DE LOS PRODUCTOS GENERADOS POR EL COMBUSTIBLE

Productos	N _{cont}	PM _{cont} (g)	Masa del compuesto(g)
CO ₂	1	44	44
SO ₂	0.0015	64	0.096
NO ₂	0	46	0
N ₂	6.6168	28	185.27
O ₂	0.293	32	9.376
H ₂ O	0.9315	18	16.767

N_{cont} : numero de moles del contaminante en la ecuación

PM_{cont} : peso molecular del contaminante

Relación aire – combustible

Es la relación en masa entre el aire y el combustible en la mezcla; se denomina (ma/ mf). Esta relación depende tanto de la estequiometría (la cual a su vez depende del combustible, o sea de y/x) como el exceso de aire EA. La masa de cada componente es igual al producto del numero de moles por su masa molecular (gr).

Para obtener la relación aire/ combustible teórico que se genera en la ecuación de combustión partimos de la siguiente ecuación.

$$(m_{a/f})_{\text{Teorico}} = \frac{m_{\text{aire}}}{m_{\text{fuel}}} \quad (4.6)$$

Donde m_{aire} es el peso molecular del aire y m_{fuel} será el peso molecular del combustible que se obtiene de los reactivos de la ecuación estequiométrica 4.5

$$m_{\text{fuel}} = C H_{1.863} S_{0.0015} = (12 + 1 \cdot 1.863 + 32 \cdot 0.0015) = 13.91 \text{ g}$$

$$m_{\text{aire}} = 1.7598 (O_2 + 3.76 N_2) = 1.7598 (16 \cdot 2 + 3.76 \cdot 14 \cdot 2) = 241.58 \text{ g}$$

Reemplazando estos valores se obtiene $(m_{a/f})_{\text{teorico}} = 17.37$, partiendo de este resultado se puede obtener la relación aire/combustible real que se requiere para obtener una buena combustión, con un exceso de aire de 20 %

$$(m_{a/f})_{\text{real}} = (m_{a/f})_{\text{teorico}} (1+EA) = 17.37 (1 + 0.2) = 20.8 \quad (4.7)$$

En la práctica se tomara una relación de 21: 1



Figura 4.1 Balance de flujo masico en el sistema

Para determinar cual es la relación de gas/ combustible generado en la salida del equipo se obtiene a través de :

$$(m_{\text{gas/fuel}})_{\text{real EA}} = (m_{\text{a/f}})_{\text{real}} + 1 = 22 : 1 \quad (4.8)$$

4.2 Emisiones de Contaminantes Productos de la Incineración

Se define como emisión a la descarga de sustancias a la atmósfera provenientes de actividades humanas.

Los parámetros utilizados para el control de emisiones a la atmósfera de instalaciones de incineración de residuos peligrosos son: metales pesados, dioxinas y furanos, monóxido de carbono, cenizas, carbono orgánico total, ácido clorhídrico, dioxina de azufre y óxidos de nitrógenos.

En la siguiente tabla se presentan a modo de guía los valores límites de emisión para incineradores de residuos peligrosos establecidos por la unión Europea.

TABLA 4.4

LIMITES DE EMISIONES ESTABLECIDO POR LA UNIÓN EUROPEA *

Parámetros	Concentración	Observación
Partículas totales	10 mg /m ³	Valor medio diario
Sustancias orgánicas en estado gaseosa y vapor expresada en carbono orgánico total	10 mg/m ³	Valor medio diario
CO	50 mg/m ³	Valor medio diario
HCL	10 mg/m ³	Valor medio diario
HF	1 mg/m ³	Valor medio diario
SO ₂	50 mg/m ³	Valor medio diario
NO _x (instalaciones nuevas. capacidad superior 6 ton/h)	200 mg/m ³	Valor medio diario
NO _x (instalaciones existente. capacidad menor 6 ton/h)	400 mg/m ³	Valor medio diario
Cadmio+Talio	0.05 mg/m ³	Todos los valores medidos en un periodo de muestreo de entre 30 min y 8 horas
Mercurio	0.05 mg/m ³	Todos los valores medidos en un periodo de muestreo de entre 30 min y 8 horas
Antimonio+Arsénico + plomo +cromo+Cobalto+ Cobre + Manganeso +Níquel +Vanadio	0.05 mg/m ³	Todos los valores medidos en un periodo de muestreo de entre 30 min y 8 horas
Dioxinas y furanos	0.1 mg/m ³	Todos los valores medidos 6-8 hr

Los resultados de las mediciones se deben referir a las siguientes condiciones: temperatura 273 K, presión 101.3 Kpa, 11% de oxígeno y gas seco.

*Obtenido de la Guía para la Gestión integral de residuos Peligrosos. Fundación Natura 2005. (TABLA 4.4)

Basándonos en las emisiones establecidas por el TULAS del LIBRO 6 ANEXO 3 de la república del ECUADOR “NORMA de Emisiones AL AIRE desde fuentes fijas de combustión”. Esta norma establece los límites máximos permisibles, tanto de concentraciones de contaminantes comunes, a nivel del suelo, en el aire ambiente, como de contaminantes emitidos desde fuentes fijas de combustión.

Estableciendo los siguientes parámetros. (TABLA 4.5)

TABLA 4.5

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES AL AIRE PARA
FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN. NORMA PARA FUENTES EN
OPERACIÓN A PARTIR DE ENERO DE 2003**

CONTAMINANTE EMITIDO	COMBUSTIBLE UTILIZADO	VALOR	UNIDADES ^[1]
Partículas Totales	Sólido	150	mg/Nm ³
	Líquido ^[2]	150	mg/Nm ³
Óxidos de Nitrógeno	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
	Sólido	850	mg/Nm ³
	Líquido ^[2]	550	mg/Nm ³
Dióxido de Azufre	Gaseoso	400	mg/Nm ³
	Sólido	1 650	mg/Nm ³
	Líquido ^[2]	1 650	mg/Nm ³
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

Notas:

^[1] mg/Nm³: miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, de mil trece milibares de presión (1 013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno.

^[2] combustibles líquidos comprenden los combustibles fósiles líquidos, tales como diesel, kerosene, búnker C, petróleo crudo, naftas.

Se debe tener en cuenta que las emisiones pueden aparecer compuestos más tóxicos que el producto originalmente incinerado, tal es el caso de las dibenzoixinas policlorados y dibenzofuranos policlorados (dioxinas y furanos). Estos contaminantes se han transformado en el elemento más controversial para la instalación de incineradores, sin embargo es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) las dioxinas y furanos son formadas en cualquier proceso de combustión, siendo más crítico si el proceso de combustión no es controlado.
- 2) El desarrollo de la incineración y por ende la incorporación de tecnología más moderna ha incluido un sistema de enfriamiento rápido de los gases de combustión a efectos de prevenir la generación de estos contaminantes.
- 3) La emisión de dioxinas y furanos estar condicionada básicamente por el tipo de residuos a incinerar, el diseño del incinerador, los parámetros operativos del proceso y el sistema de tratamiento de emisiones atmosféricas con que cuente la instalación.

La disposición incorrecta de cenizas y lodos generados en el tratamiento de las emisiones gaseosas también pueden ser otra fuente de contaminación.

4.2.1 Análisis Estequimétrico de los Desechos más Combustible

Como se estableció en el capítulo 3 sección 3 para dimensionar la cámara de combustión dependerá de la cantidad de residuos que se incineren y estos a su vez generan una cantidad de contaminantes que serán emitidos a la atmósfera.

TABLA 4.6

CANTIDAD DE MASA SECA Y HUMEDA DE LOS RESIDUOS

Residuos	Peso %(distribución)*	Contenido máximo Humedad% **	Peso Húmedo Kg.	Peso Seco Kg.
Plásticos	20	2	4	3.92
Tejidos	30	10	6	5.4
Papel	10	6	2	1.88
Vidrio	10	2.8	2	1.944
Fluidos	3	40	0.6	0.36
Órganos	20	78.24	4	0.86
Inertes	5.5	5	1.1	1.045
Metal	1	3	0.2	0.194
Madera	0.5	20	0.1	0.08
TOTAL	100 %		20 Kg.	15.69 Kg

* Distribución aproximada de los desechos cargados al incinerador,

CEPIS-REPAMAR

** Análisis aproximado del componente de la basura Grupo
CALTEC

Primeramente para establecer la ecuación general de combustión se dará por la mezcla entre la quema de los residuos con el combustible, por lo que es necesario obtener el porcentaje de componentes que se encuentran en cada uno de los desechos que podrán ser quemados en el incinerador. En la tabla 4.7 se podrá apreciar el porcentaje de C, H, O, CL, S, N y cenizas que están compuestos los residuos, obtenidos del CEPIS – REPAMAR (Estudio generado en el año 2003 a los hospitales del Ecuador).

Partiendo del peso seco establecido en la tabla 4.6 se calcula la cantidad en Kg de los componentes de los residuos, multiplicando el peso por el porcentaje que se encuentra el componente.

Es decir:

$$C \text{ del plástico} = \text{Peso seco (kg) } * \% C$$

$$C \text{ (kg) } = 3.92 * (70.2 /100) = 2.75 \text{ Kg}$$

De ahí se puede determinar los valores establecidos en la tabla 4.8 de la composición de los desechos hospitalarios en bases seca más el combustible.

De la mismo forma para determinar la cantidad de contaminantes en estado húmedo que se generan en la mezcla de los desechos y el combustible, se multiplica el porcentaje de cada elemento por el peso húmedo del residuo que se va a depositar en el incinerador, de esta forma se podrá saber la cantidad de contaminantes que se generan por la incineración de 20 Kg.

En la tabla 4.9 se podrá observar la cantidad de componentes que se generan en la mezcla general de los comburentes.

En la tabla 4.10 se apreciar la cantidad total de elementos tanto en Kg como en porcentajes que se encuentra compuesta la mezcla (desechos hospitalarios + combustibles), obtenidos estos valores se establece la fórmula general de combustión y se determina la cantidad en g/s de contaminantes que serán emanados por la chimenea.

TABLA 4.7
COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS HOSPITALARIOS (PORCENTAJE)

Componentes	Peso Húmedo Kg	peso seco Kg	Componentes %						
			C	H	O	CL	S	N	Cenizas
plástico	4	3,92	70,200424	8,62593949	5,80073232	11,9502794	0,07515899	1,59953748	1,74985546
tejido	6	5,4	48	6,3988604	40	0	0,1994302	2,1994302	3,2022792
papel	2	1,88	43,4011718	5,80018501	44,2984891	0	0,2004317	0,29910577	6,00061671
vidrio	2	1,944	0,50092764	0,09894867	0,40197897	0	0	0,09894867	98,899196
fluido	0,6	0,36	66,9009826	9,59939531	5,20030234	0	0	2,00302343	16,2962963
orgánicos	4	0,8684	48	6,40740741	37,5925926	0	0,40740741	2,59259259	5
Inertes	1,1	1,045	26,3636364	3,09090909	2	0	0,18181818	0,54545455	68,1818182
metal	0,2	0,194	4,50171821	0,58419244	4,29553265	0	0	0,10309278	90,5154639
madera	0,1	0,08	49,4444444	6,11111111	42,7777778	0	0	0,27777778	1,38888889

- Obtenido del CEPIS-REPAMAR

TABLA 4.8
COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS HOSPITALARIOS MÁS COMBUSTIBLE (Peso seco)

Componentes	peso seco Kg	Componentes Kg.						
		C	H	O	CL	S	N	Cenizas
plástico	3,92	2,75185662	0,33813683	0,22738871	0,46845095	0,00294623	0,06270187	0,06859433
tejido	5,4	2,592	0,34553846	2,16	0	0,01076923	0,11876923	0,17292308
papel	1,88	0,81594203	0,10904348	0,83281159	0	0,00376812	0,00562319	0,11281159
vidrio	1,944	0,00973803	0,00192356	0,00781447	0	0	0,00192356	1,92260037
fluido	0,36	0,24084354	0,03455782	0,01872109	0	0	0,00721088	0,05866667
orgánicos	0,8684	0,416832	0,05564193	0,32645407	0	0,00353793	0,02251407	0,04342
Inertes	1,045	0,2755	0,0323	0,0209	0	0,0019	0,0057	0,7125
metal	0,194	0,00873333	0,00113333	0,00833333	0	0	0,0002	0,1756
madera	0,08	0,03955556	0,00488889	0,03422222	0	0	0,00022222	0,00111111
Total desechos	15,6914	7,15100111	0,9231643	3,63664549	0,46845095	0,02292151	0,22486503	3,26822715
FUEL OIL	53	45,7212	7,098	0	0	0,1802	0	0,00053
Mez. Total	68,6914	52,8722011	8,0211643	3,63664549	0,46845095	0,20312151	0,22486503	3,26875715

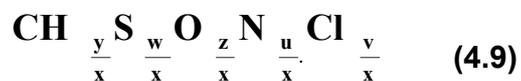
TABLA 4.9
COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS HOSPITALARIOS MÁS COMBUSTIBLE (Peso Húmedo)

Componentes	Peso Húmedo Kg	Componentes Kg						
		C	H	O	CL	S	N	Cenizas
plástico	4	2,80801696	0,34503758	0,23202929	0,47801118	0,00300636	0,0639815	0,06999422
tejido	6	2,88	0,38393162	2,4	0	0,01196581	0,13196581	0,19213675
papel	2	0,86802344	0,1160037	0,88596978	0	0,00400863	0,00598212	0,12001233
vidrio	2	0,01001855	0,00197897	0,00803958	0	0	0,00197897	1,97798392
fluido	0,6	0,4014059	0,05759637	0,03120181	0	0	0,01201814	0,09777778
orgánicos	4	1,92	0,2562963	1,5037037	0	0,0162963	0,1037037	0,2
Inertes	1,1	0,29	0,034	0,022	0	0,002	0,006	0,75
metal	0,2	0,00900344	0,00116838	0,00859107	0	0	0,00020619	0,18103093
madera	0,1	0,04944444	0,00611111	0,04277778	0	0	0,00027778	0,00138889
Total desechos	20	9,23591272	1,20212404	5,13431301	0,47801118	0,0372771	0,32611421	3,59032482
FUEL OIL	53	45,7212	7,098	0	0	0,1802	0	0,00053
Mez. Total	73	54,9571127	8,30012404	5,13431301	0,47801118	0,2174771	0,32611421	3,59085482

TABLA 4.10
CANTIDAD TOTAL DE ELEMENTOS GENERADOS EN LA
MEZCLA DE RESIDUOS MAS COMBUSTIBLE

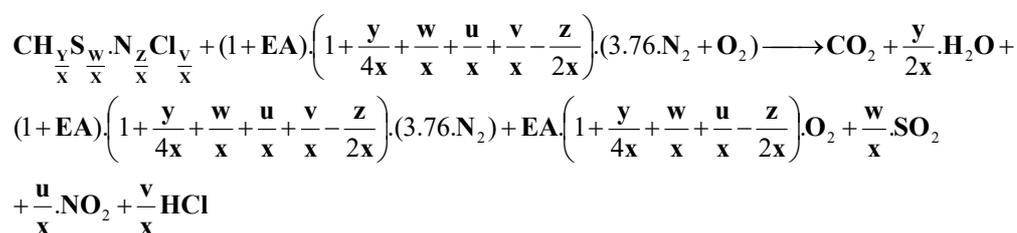
COMPONENTES	Peso Húmedo		Peso Seco	
	Kg	%	Kg	%
Carbono	54,9571127	75,284	52,872	76,97
Hidrogeno	8,3	11,37	8,0211	11,677
Oxigeno	5,1343	7,033	3,6366	5,294
Cloro	0,478	0,6548	0,484	0,6819
Azufre	0,2147	0,2979	0,2031	0,2957
Nitrógeno	0,32611	0,4467	0,22486	0,32735
Cenizas	3,59	4,918	3,2687	4,7586

Partiendo de la tabla 4.9, donde se establece el total en la composición de los desechos hospitalarios en base húmeda. Se establece la fórmula de combustión para los residuos.



Donde x, y, w, z, u, v se refiere a subíndices de número de átomos o porcentaje (ley de proporciones definidas) en la molécula.

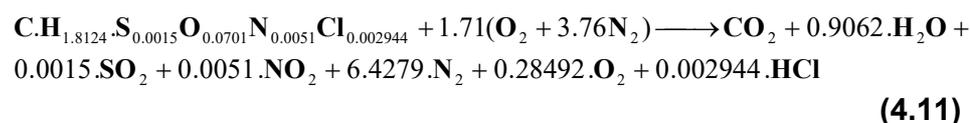
Se procede a plantear la ecuación de combustión general, de la siguiente forma:



(4.10)

Donde los subíndices se calculan del mismo método utilizado en la ecuación 4.3

Considerando un exceso de aire (EA) de 20%, obtenemos la siguiente ecuación general.



A continuación se procede a calcular la concentración utilizando la ecuación 4.11. (Moles de cada producto dividido para moles totales de los productos), en base húmeda de cada uno de los productos, y el mismo procedimiento se realiza para el cálculo de la base seca

(en este caso no se considera la cantidad de agua generada en los productos)

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones volumétricas calculadas a partir de la ecuación de combustión.

TABLA 4.11
CONCENTRACIONES EN BASE HÚMEDA Y EN BASE SECA

Productos	Base seca %	Base húmeda %
CO ₂	12,95	11,59
SO ₂	0,02	0,02
NO ₂	0,07	0,06
N ₂	83,27	74,52
O ₂	3,69	3,30
H ₂ O	----	10,51

Así mismo modo se puede determinar la masa de los productos en cada uno de los compuestos a partir de la ecuación general de Combustión (4.11), siendo los pesos de cada elementos (C = 12 uma, O = 16 uma, H = 1 uma, N = 14 uma, S = 32 uma, Cl = 35.45).

TABLA 4.12
PESO DE LOS PRODUCTOS GENERADOS POR LOS
DESECHOS

Productos	N_{cont}	PM_{cont} (g)	Masa del compuesto(g)
CO ₂	1	44	44
SO ₂	0,0015	64	0.096
NO ₂	0,0051	46	0.2346
N ₂	6,4279951	28	179.956
O ₂	0,284928861	32	9.112
H ₂ O	0,906216791	18	16.3116
HCl	0.002944	36.45	0.1064

N_{cont} : numero de moles del contaminante en la ecuación

PM_{cont} : peso molecular del contaminante

4.2.2 Requerimiento de Aire en Exceso

La buena combustión requiere un poco mas de aire que el estequiométrico. Esto implica que la forma útil deberá modificarse ligeramente para incluir este exceso de aire. En calculo estequiométrico se prefiere el factor de exceso de aire implica la fracción adicional de aire en relación al estequiometrico. Se denomina EA.

En la presente sección se analiza la variación del exceso de aire y como esta influye en la generación de contaminantes del dióxido de carbono y oxígeno gaseoso, cabe indicar que estos valores se obtuvieron usando la ecuación de combustión general 4.10, despejando obtenemos la cantidad de moles generadas de CO_2 y O_2 (moles del producto dividido para moles totales de los productos).

TABLA 4.13
PORCENTAJE DE EXCESO DE AIRE CON VARIACIÓN DE O_2 Y CO_2

Exceso de Aire vs. O_2 Vs. CO_2		
Exceso %	O_2	CO_2
0	0	15,7152826
10	2,02325065	14,2017951
11	2,20434637	14,0663269
12	2,38201987	13,9334187
13	2,55636723	13,8029986
14	2,727481	13,6749974
15	2,8954503	13,5493484
16	3,06036102	13,4259873
17	3,22229595	13,3048523
18	3,38133492	13,1858836
19	3,53755492	13,0690236
20	3,69103024	12,9542168
21	3,84183259	12,8414095
22	3,99003119	12,7305499
23	4,13569291	12,621588

Exceso de Aire vs. O2 Vs. CO2		
24	4,27888232	12,5144756
25	4,41966185	12,4091658
26	4,55809181	12,3056136
27	4,69423055	12,2037754
28	4,82813449	12,1036089
29	4,9598582	12,0050733
30	5,0894545	11,9081291
31	5,21697451	11,8127381
32	5,34246775	11,7188632
33	5,46598214	11,6264686
34	5,58756412	11,5355195
35	5,7072587	11,4459823
36	5,82510948	11,3578243
37	5,94115874	11,2710139
38	6,05544748	11,1855205
39	6,16801546	11,1013143
40	6,27890124	11,0183665
41	6,38814226	10,9366491
42	6,49577484	10,8561348
43	6,60183425	10,7767973
44	6,70635472	10,698611
45	6,80936951	10,6215511
46	6,91091093	10,5455933
47	7,01101035	10,4707142
48	7,10969828	10,3968909
49	7,20700436	10,3241013
50	7,30295742	10,2523239
51	7,39758548	10,1815376
52	7,4909158	10,1117221
53	7,58297489	10,0428575
54	7,67378855	9,97492462
55	7,76338188	9,90790455
56	7,85177932	9,84177908
57	7,93900465	9,77653039
58	8,02508103	9,71214117
59	8,11003101	9,64859456
60	8,19387657	9,58587411

Exceso de Aire vs. O2 Vs. CO2		
61	8,27663909	9,52396381
62	8,35833943	9,46284808
63	8,4389979	9,40251172
64	8,51863431	9,3429399
65	8,59726797	9,2841182
66	8,67491769	9,22603252
67	8,75160183	9,16866915
68	8,82733828	9,11201469
69	8,90214451	9,05605608
70	8,97603755	9,00078058
71	9,04903402	8,94617575
72	9,12115013	8,89222948
73	9,19240173	8,8389299
74	9,26280426	8,78626547
75	9,33237281	8,73422489
76	9,40112211	8,68279715
77	9,46906655	8,63197149
78	9,53622017	8,58173739
79	9,60259671	8,53208459
80	9,66820958	8,48300305
81	9,73307188	8,43448297
82	9,79719642	8,38651478
83	9,86059571	8,3390891
84	9,92328198	8,29219679
85	9,9852672	8,2458289
86	10,0465631	8,19997669
87	10,107181	8,15463159
88	10,1671322	8,10978524
89	10,2264276	8,06542946
90	10,285078	8,02155623
91	10,3430937	7,97815774
92	10,400485	7,93522631
93	10,4572619	7,89275445
94	10,5134344	7,85073481
95	10,5690118	7,80916022
96	10,6240038	7,76802363
97	10,6784194	7,72731816

Se observar en la tabla 4.13 que a medida que se aumenta el exceso de aire la cantidad de oxígeno gaseoso aumenta mientras que la cantidad de dióxido de carbono disminuye, en la figura 4.2 se establece la curvas de funcionamiento del equipo, por norma es recomendable tener un exceso de aire entre 18-22 % (combustión completa) para estos tipos de hornos incineradores.

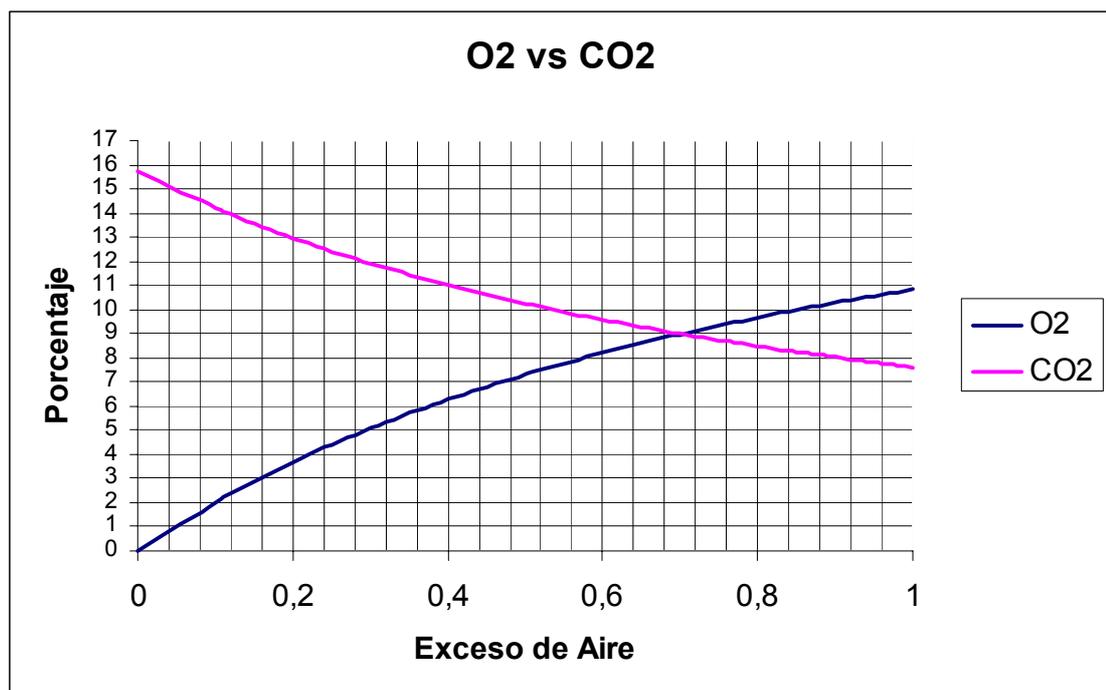


Figura 4.2 Diagrama de Ostwald

4.2.3 Tasa de Emisiones

Partiendo de la ecuación 4.11, para establecer los valores del caudal emitido [Q] por cada uno de los contaminantes desde la chimenea, utilizamos las relaciones estequiométricas de la ecuación de combustión a partir del consumo de combustible. Este valor puede ser calculado mediante la siguiente expresión:

$$Q_{cont} = Q_{comb} (N_{cont}) \left[\frac{PM_{cont}}{PM_{comb}} \right] \quad (4.12)$$

En donde:

N_{cont} = número de moles del contaminante en la ecuación

PM_{cont} = peso molecular del contaminante

PM_{comb} = peso molecular del combustible

El peso molecular del combustible se obtiene de los reactivos establecidos en la ecuación 4.11

$$PM_{Comb} = C H_{1.863} S_{0.0015} = (12 + 1 \cdot 1.863 + 32 \cdot 0.0015) = 13.91 \text{ g}$$

Q_{comb} . Se refiere al Consumo de combustible por hora que se requiere para que el equipo proceda a funcionar (Tabla 3.10), en la primera hora habrá mas consumo de combustible (53 Kg/h)

Utilizando el factor de la multiplicación de $N \text{ cont} * PM \text{ cont}$ establecido en la tabla 4.10, se obtiene los siguientes valores

TABLA 4.14
CONTAMINANTES PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

Componentes	Kg/h	g/s
CO2	146,0655632	40,5737676
H2O	54,15016333	15,041712
SO2	0,315280634	0,08757795
NO2	0,822514558	0,22847627
N2	632,7465384	175,762927
O2	32,0540293	8,90389703

Para determinar si la cantidad de emisiones generadas hacia la atmósfera cumplan las normativas ambientales, se avaluara solo la cantidad de CO_2 (40.57 g/s) y SO_2 (0.087 g/s) cuya resolución se determinará en la sección 4.4.

4.3 Dimensionamiento del Banco de Tubo

Después de establecer la dimensión de las cámaras de combustión y obtener una velocidad de gases de 1.63 m/s con un flujo de gas de 1009 Kg/h (0.2805 Kg/s). Por razones que existen una velocidad muy baja es procedente que antes que los gases pasen al intercambiador se dimensione un acople entre ellos.

Siendo las dimensiones las siguientes $D_{ex\ 1} = 1\text{ m}$, $D_{in\ 1} = 0.60\text{ m}$, $D_{ex\ 2} = 0.70\text{ m}$,

$D_{in\ 2} = 0.30\text{ m}$.

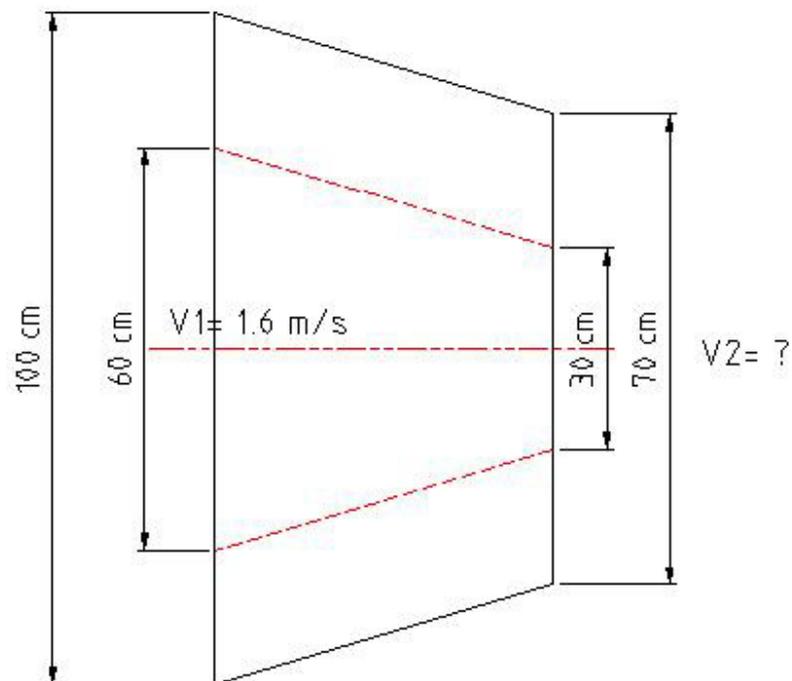


Figura 4.3 Dimensionamiento del acople

Para determinar la velocidad V_2 , se plantea la siguiente ecuación.

$$A_1 * V_1 = A_2 * V_2 \quad (4.13)$$

$$\pi * (D_1^2 - d_1^2) / 4 * V_1 = \pi * (D_2^2 - d_2^2) / 4 * V_2$$

Despejando esta ecuación se obtiene una velocidad $V_2 = 2.6 \text{ m/s}$

INTERCAMBIADOR DE CALOR

Para el dimensionamiento del Intercambiador de Calor se lo realizara a través de un banco de tubos de varios pasos. Por el interior de los tubos pasará el aire proveniente de un soplador (ventilador), mientras que por la parte exterior de los tubos pasará los gases de combustión producto de la destrucción de los desechos.

Se ha establecido esta configuración por razones que los gases de combustión al llevar una cantidad de contaminantes corrosiva rápidamente los tubos produciendo el llamado pitting y será mucho mas factible cambiarlos o si es el caso realizarle un recubrimiento metálico (galvanizado).

Para el dimensionamiento del banco de tubo se deberá tomar en consideración lo siguiente:

- Flujo de masa de los gases (Externo) : 1009.94 kg/h
- Flujo de masa del aire : Se obtendrá a través de un balance Térmico del sistema
- Velocidad del gas (externo): 2.6 m/s
- Temperatura de gases entrada (externo) : 1387 K
- Temperatura de gases salida (externo) : 523 K (es la temperatura que deberá salir por la chimenea)
- Temperatura de aire entrada (interna) : 298 K (proveniente del ventilador)
- Temperatura de aire salida (interna) : 1073 K (energía que será recuperada en la segunda hora de operación del equipo)
- Sección de entrada del banco de tubos (Intercambiador de Calor): rectangular, Longitud: se determinara a través de la variación de los números de tubos , diámetro del tubo, separación transversal, Reynolds y la altura del intercambiador.
- Arreglos de tubos en el banco: escalonados, en configuración Equilátera

Metodología de Cálculo

a) Análisis termodinámico

Primeramente se establecen en una grafica las temperaturas que deben manejarse en el sistema.

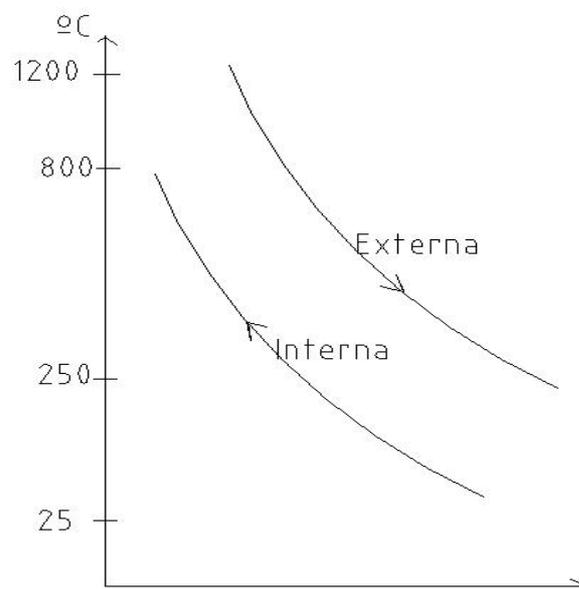


Figura 4.4. **Temperaturas de entrada y salida del intercambiador**

1) Para determinar las propiedades termo físicas del flujo interno se considera calcular la temperatura media interna del aire a través de la siguiente formula:

$$T_{m,int} = \frac{T_{ent} + T_{sal}}{2} = \frac{298 + 1073}{2} = 685,5 \text{K} \quad (4.14)$$

$$T_{m,int} = 685,5 \text{K} \left\{ \begin{array}{l} C_p = 1071,4 \text{J/kgK} \\ \mu_f = 3,3 \times 10^{-5} \text{Ns/m}^2 \\ K_f = 0,0515 \text{W/mK} \\ P_{rf} = 0,693 \end{array} \right.$$

Estas propiedades fueron obtenidas de la tabla A. 4 de las propiedades termofísicas de gases a presión atmosférica [1].

2) Para determinar las propiedades termo físicas del flujo externo de los gases de combustión se considera calcular la temperatura media externa, usando la ecuación 4.14.

$$T_{m,int} = \frac{T_{ent} + T_{sal}}{2} = \frac{1387 + 538}{2} = 955 \text{K}$$

$$T_{m,int} = 955 \text{K} \left\{ \begin{array}{l} C_p = 1132 \text{J/kgK} \\ \mu_f = 4,1 \times 10^{-5} \text{Ns/m}^2 \\ K_f = 0,0645 \text{W/mK} \\ P_{rf} = 0,7233 \end{array} \right.$$

3) La transferencia de calor que se requiere puede obtenerse a partir del balance global de energía para el fluido de los gases de combustión, se

considera además que la energía que se pierde en el exterior es igual a la energía que gana en el interior de los tubos, de esta forma se podrá calcular el flujo de masa del aire interno. Se plantea la siguiente ecuación:

$$E_{\text{interna}} = E_{\text{externa}}$$

$$m_{\text{int}} * C_{p,\text{int}} * \Delta T_{\text{int}} = m_{\text{ext}} * C_{p,\text{ext}} * \Delta T_{\text{ext}} \quad (4.15)$$

Despeje de la ecuación 4.15

$$m_{\text{inter}} = \frac{m_{\text{ext}} * C_{p,\text{ext}} * (T_{\text{ent,ext}} - T_{\text{sal,ext}})}{C_{p,\text{int}} (T_{\text{sal,int}} - T_{\text{ent,int}})}$$

Remplazando los valores establecidos (calor específico y las temperaturas) se obtiene que m_{inter} es igual a 0.392 Kg/s (1186.88 Kg/h)

Análisis térmico por transferencia de calor.

Para el efecto se procede a establecer las ecuaciones de balance de energía y de transferencia de calor. Debe notarse que el calor se transfiere desde el lado de gases a mayor temperatura al lado de gases a

menor temperatura. Por ser tubos de pared relativamente delgada (desde punto de vista de transferencia de calor) puede asumirse una aproximación de pared plana para computar la transferencia de calor de la corriente a mayor temperatura hacia la corriente a menor temperatura. Denominando (h) y (c) las corrientes más caliente y menos caliente respectivamente, así como (e) a la entrada y (s) a la salida respectiva..

Para evaluar el comportamiento del flujo que pasará por el intercambiador de calor a través de 4 pasos, y para seleccionar un mejor dimensionamiento se realizaron diferentes configuraciones el cual esta se caracterizan por el diámetro de tubo (1", 1 ½ ", 1 ¼ ") con espesor de pared de "Schedule" 40, por la separación transversal S_t (1.5 y de 1.25) y la separación longitudinal S_L medida entre los centros de los tubos (1.5 y de 1.25), a través de estas configuraciones se seleccionara cual es la indicada.

1) primero se determino el numero de tubos, siendo que L la longitud de intercambiador, S_t es la separación transversal, D diámetro interno del tubo.

$$N_{tubo} = \frac{L}{S_t * D_{int}} \quad (4.16)$$

2) Como segundo paso se determina la velocidad máxima de los gases que pasara externamente por los tubos, donde S_t la separación transversal entre los tubos, V es la velocidad de entrada de los gases externos (2.6 m/s)

$$V_{max} = \frac{S_t}{S_t - 1} * V \quad (4.17)$$

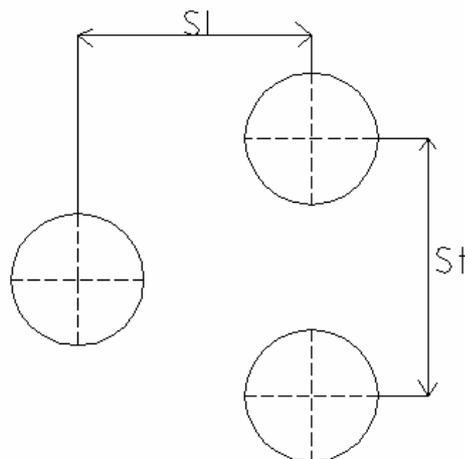


Figura 4.5 . Arreglos de tubos en un banco de tubo escalonado

3) Se procede a calcular la velocidad de gas interna en los tubos, donde m es el flujo de masa del aire que ingresa por el ventilador, ρ densidad

de los gases a la temperatura media interna, A área de los tubos , N numero de tubos, D diámetro interno del tubo.

$$A = \pi * D^2 / 4$$

$$V = \frac{m}{\rho * A * N_{tubo}} \quad (4.18)$$

4) Para calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección tanto interno como externo se procede a distribuir la temperatura en cuatro pasos.

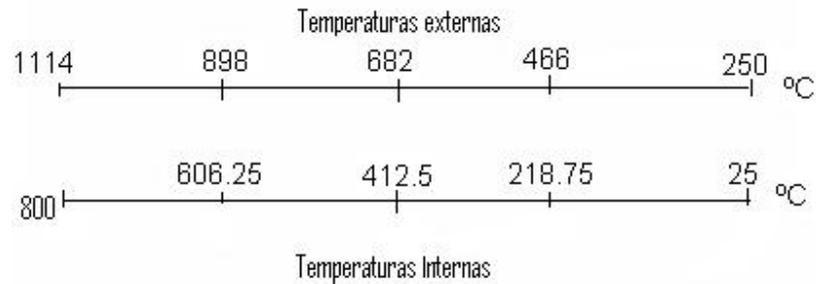


Figura 4.6 Distribución de temperaturas

Para efecto de calculo se obtiene el numero de Reynolds $R_{e,D}$, numero de Nusselt N_u , y el coeficiente de conducción K que es dependiente de

las propiedades termodinámicas por cada sección, con estos valores se procede a calcular los h (convención) del sistema.

Para calcular el Numero de Reynolds externo (circulan gases de combustión), se basa en la velocidad máxima del fluido que ocurre en el banco de tubos, en la densidad del gas y el diámetro externo del tubo.

$$Re_{D,max} = \frac{\rho_{aire} * V_{max} * D_{externo}}{U_{aire}} \quad (4.19)$$

Como se desea conocer el coeficiente promedio de transferencia de calor para todo el haz de tubos se aplica la siguiente ecuación para determinar el Número de Nusselt. (Correlación de Grimison)

$$\bar{Nu}_D = 1.13 * C_1 * Re^{m_{D,max}} * Pr^{1/3} \quad (4.20)$$

$$\text{Condiciones que se debe cumplir} \quad \left[\begin{array}{l} N_L \geq 10 \\ 2000 \angle Re_{D,Max} \angle 40,000 \\ Pr \geq 0.7 \end{array} \right]$$

C_1 y m son constante que variara con respecto a la separación transversal S_T , y la separación longitudinal S_L . medidas entre los centros de los tubos.

TABLA 4.15
CONSTANTE DE LA ECUACION 4.20 PARA EL FLUJO DE AIRE
SOBRE UN BANCO DE TUBOS

SL/D	St/D			
	1,25		1,5	
Escalonado	C1	m	C1	m
1,25	0,518	0,556	0,505	0,554
1,5	0,451	0,568	0,46	0,562

Para determinar el valor del Reynolds para el flujo en un tubo circular y el Numero de Nusselt interno se define como.

$$Re_D = \frac{4\dot{m}}{\pi * d_{\text{interno}} * \mu * N_T} \quad (4.21)$$

Donde

\dot{m} es el flujo de masa interno

d diámetro interno del tubo

μ Viscosidad

N_T Numero total de tubos

Para un flujo completamente desarrollado $Nu_D = 0.023 * Re_D^{4/5} * Pr^{0.4}$
 (4.22)

$$\text{Condiciones} \left[\begin{array}{l} 0.7 \leq Pr \leq 160 \\ 2300 \leq Re_D \leq 100000 \\ L/D \geq 10 \end{array} \right]$$

La convección interna como externa se determina a través de la siguiente ecuación

$$h = \frac{N_u * K}{D} \quad (4.23)$$

5) La transferencia de calor que se requiere puede obtenerse a partir del balance global de energía Q (representa la tasa de transferencia de calor entre las corrientes gaseosas), el cual depende del coeficiente global de transferencia de calor, el área y la temperatura media logarítmica obtenida en cada sección.

$$Q = U * A * \Delta T_{ml} \quad \text{o}$$

$$Q = U * \pi * D_i * L * N_T * \Delta T_{ml} \quad (4.24)$$

Donde;

U es el coeficiente global de transferencia de calor, se define como

$$U = \frac{1}{(1/h_i) + (1/h_{ext})} \quad (4.25)$$

ΔT_{ml} es la temperatura media logarítmica, se define como;

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln\left(\frac{T_{hi} - T_{co}}{T_{ho} - T_{ci}}\right)} \quad (4.26)$$

Para efectos de solución se hace una marcha en la que se va buscando a través de la comparación valores que satisfagan las condiciones. Así, por balance de energía, la tasa de cambio de energía (E) en cada una de las corrientes gaseosas.

$$\Delta E = m * C_p * \Delta T \quad (4.27)$$

ΔT Diferencia de temperatura ($T_{ent} - T_{sali}$)

TABLA 4.16

DIAMETROS SCHEDULE 40

D pulg	D interno	D externo
1 1/2	0,038	0,048
1 1/4	0,03175	0,042
1	0,0254	0,0334

TABLA 4.17
SEPARACIÓN TRANSVERSAL 1.5
NUMERO DE TUBOS NECESARIO PARA CADA SECCIÓN
DEPENDIENDO DE LOS DIÁMETROS DEL TUBO

St= 1,5					
Diámetros	N por Sector	N total tubo	Longitud	Altura	Filas
1 1/2	128	512	1,4	1,2	5
1 1/4	135	540	1,3	1,2	5
1	128	512	1,2	1,5	4

TABLA 4.17
SEPARACIÓN TRANSVERSAL 1.25
NUMERO DE TUBOS NECESARIO PARA CADA SECCIÓN
DEPENDIENDO DE LOS DIÁMETROS DEL TUBO

St= 1,25					
Diámetros	N por Sector	N total tubo	Longitud	Altura	Filas
1 1/2	116	464	1,4	1,2	4
1 1/4	104	416	1,2	1,2	3
1	85	340	1,2	1,5	2

Para la selección del banco de tubos se consideraron los siguientes puntos:

- Reynolds interno se encuentre en etapa de turbulencia
- la tasa de transferencia de calor Q sea igual a la tasa de cambio de energía E
- mayor caída de presión en el banco de tubos

En base a estos parámetros se selecciono la mejor formación del banco de tubos conformado con tubos de diámetro de 1", una separación transversal de 1.5 , en la tabla 4.18 , 4.19,4.20, 4.21 se establecen los resultados.

TABLA 4.18
DIMENSIONAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR
DIÁMETRO DE 1" SCHEDULE 40

D externo	0.0334	m
D interno	0.0254	m
St , SL	1.5	
N total de tubos	512	
Filas por sección	4	
V maxima externa	7,80934226	m/s
V interna	10,3236055	m/s
Flujo de masa interna	0,32969162	Kg/s
Flujo de masa externa	0.28	Kg/s
Altura	1.5	m
longitud	1.2	m

TABLA 4.19
 NUMERO DE REYNOLDS Y NUSSELT (4 PASOS)

Pasos	Re int	Re ext	N u int	N u Ext
1	3137,1868	1447,53095	12,8034247	26,3943747
2	3599,4854	1946,56646	14,2917754	31,1197417
3	4345,95848	2797,51418	16,6173707	38,0721748
4	5759,09321	4559,23508	20,8150345	49,9512352

TABLA 4.20
 TASA DE TRANSFERENCIA DE CALOR (Q) VS. TASA DE CAMBIO
 DE ENERGÍA (E)

Pasos	Tml	h int	h ext	U chef.	Q calor	E energía
1	302,74	33,573	63,8546305	22,0037779	80386,9556	80387,9556
2	280,48	32,273	64,9638584	21,5615529	72979,1926	72981,1926
3	258,22	30,721	67,77987	21,1394368	65871,2082	65871,2085
4	235,95	27,807	72,7373736	20,1163392	57278,2302	57278,2402

6) Para determinar la caída de presión en el banco de tubos se utiliza la ecuación 4.28, depende del factor de forma (se obtiene a través de las curvas de la figura 4.7), la energía cinética (velocidad máxima al cuadrado), densidad del fluido, la cual varía con la temperatura.

$$\Delta p = N_l * x * \left(\frac{\rho V_{\max}^2}{2} \right) * f \quad (4.28)$$

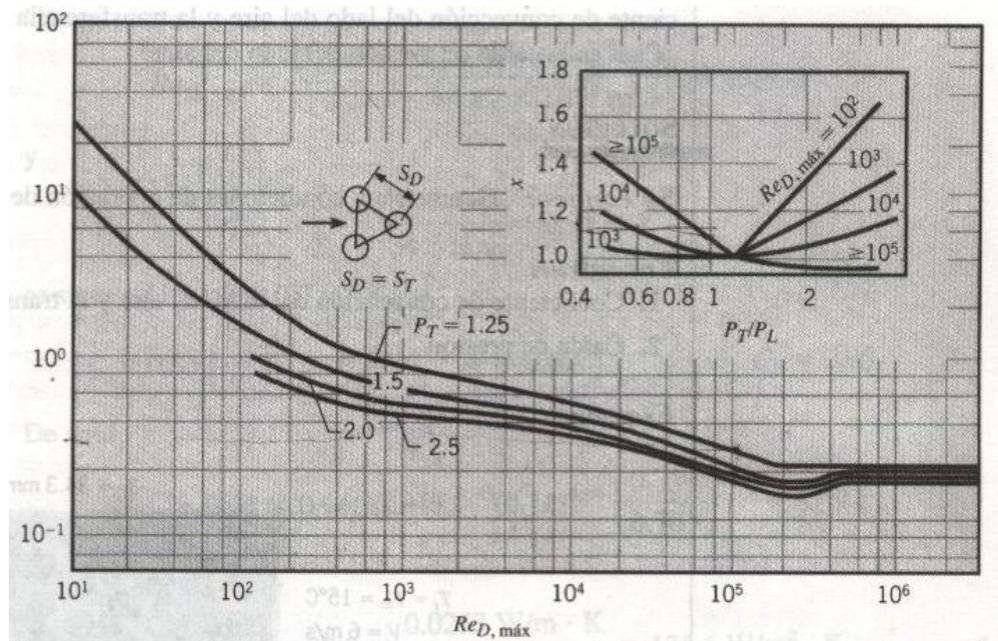


Figura 4.7 Curva para determinar el factor de fricción para arreglo de tubos escalonados.

TABLA 4.21
CAÍDA DE PRESIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR
UTILIZANDO TUBOS DE 1"

Presión	
N/m ²	Psia.
3830,10038	0,55579936
4612,87503	0,66939055
5778,41663	0,8385264
7764,99412	1,12680566

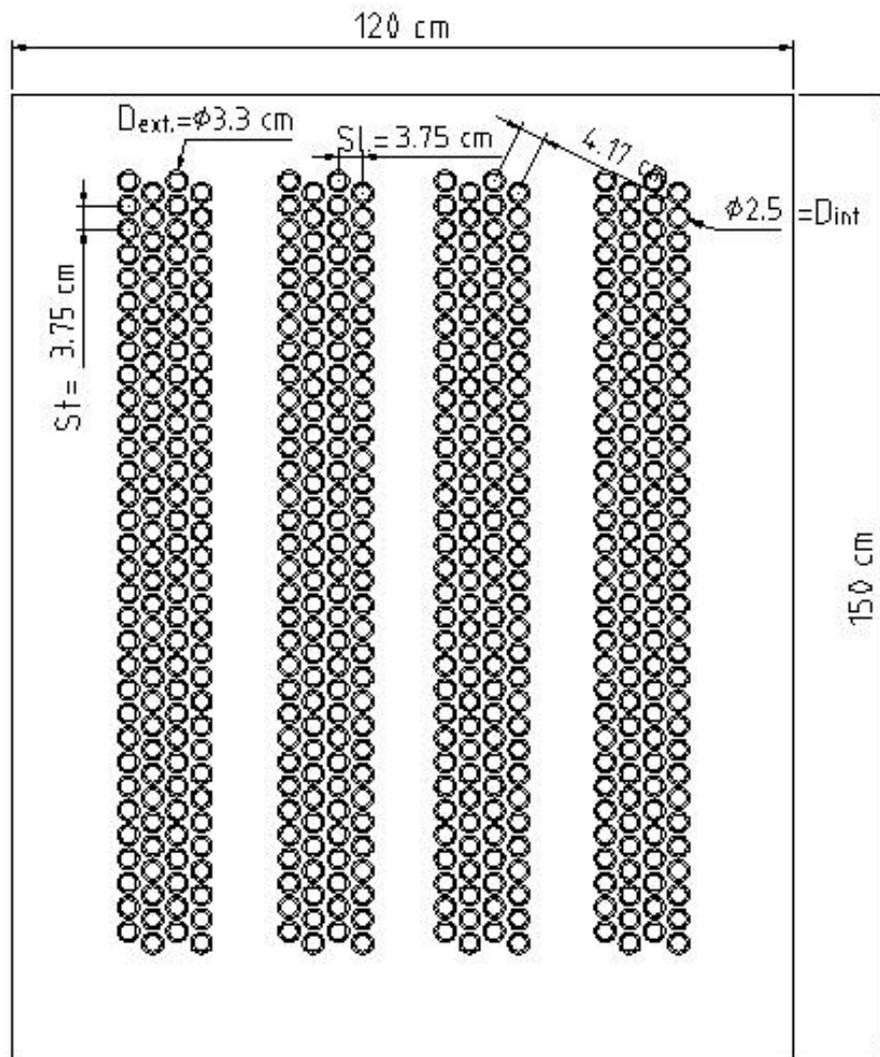


Figura 4.8 Esquema del Intercambiador.

4.4 Dimensionamiento de la Chimenea

Una chimenea es el Conducto que facilita el transporte hacia la atmósfera de los productos de combustión generados en la fuente fija

La altura de la chimenea depende normalmente de requisitos de contaminación atmosférica por dilución de humos.

Las chimeneas se construyen de sección circular y de forma que se logre una buena difusión de los gases y que no sobrepasen en el entorno del foco emisor los niveles de calidad del aire admisibles, tendrán en cuenta, asimismo, la función de la chimenea como elemento auxiliar de la combustión, los posibles problemas de corrosión y medios para prevenirlos, así como los aspecto de tipo constructivo.

Condiciones:

- Asumiendo un diámetro de 50 cm. en la entrada de la chimenea
- Velocidad de viento de 3 m/s
- Temperatura de entrada en la chimenea 250 ° C
- Temperatura ambiente 30 °C

Se obtiene la velocidad de salida de los gases en la chimenea V_s .

$$\dot{m} = \rho * V_s * \Pi * D^2 / 4$$

$$V_s = \frac{0.665 * (0.5)^2 * \pi}{0.2805 * 4} = 2.148 \text{ m/s}$$

Para verificar el diámetro de la chimenea asumido anteriormente, debido a que la mayoría de las chimeneas tiene secciones transversales circulares, el diámetro de la chimenea D_s puede ser calculado vía la fórmula del diámetro del conducto.

$$D_s = 1.128 \left(\frac{Q_c}{u_c} \right)^{1/2} \quad (4.29)$$

Donde;

u_c ; velocidad de salida de la chimenea

Q_c ; razón de flujo volumétrico de salida

$$Q_c = \frac{\dot{m}}{\rho_{250^\circ\text{C}}} = \frac{0.2805 \text{ Kg/s}}{0.66 \text{ Kg/m}^3} = 0.422 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.30)$$

Por lo tanto;

$$D_s = 1.128 \frac{0.422 \text{ m}^3/\text{s}}{2.148 \text{ m/s}} = 0.51 \text{ m}, \text{ por lo tanto el diámetro seleccionado es correcto.}$$

Altura de chimenea

El valor H_o de la chimenea se hallara mediante la formula siguiente la cual ha sido adoptados por la legislación de diferentes países, en caso de la legislación española, las instrucciones para el calculo de la altura de chimeneas de instalación en industrial pequeñas y medianas se encuentra recogidas en la orden de 18 de Octubre de 1976.

$$H_o = \sqrt{A * Q * F \frac{\sqrt[3]{\frac{n}{V * \Delta T}}}{C_{max}}} \quad (4.32)$$

Donde;

A ; parámetros de reflejan las condiciones climatológicas del lugar, es función de la estabilidad térmica vertical media o distribución media de la temperatura

$$A = 70 * I_c = 70 * \left(\frac{(T_{max} - T_{min}) + 2 * (T_{30^{\circ}c} - T_{25^{\circ}c})}{T_{30^{\circ}c}} + \frac{80}{H_{umedadrelativa}} \right) =$$

$$A = 70 * 35.79 = 2505.97$$

(4.33)

Q ; caudal máximo de sustancias contaminantes, expresada en Kg./h (tabal 4.14) 146 Kg/h de CO_2 .

F; Coeficientes sin dimensionamiento relacionado con la velocidad de sedimentación de las impurezas a la atmósfera. Para SO₂ y otros contaminantes gaseosos de igual tipo, cuya velocidad es prácticamente nula, se tomará **F = 1**. En caso de partículas sólidas o impurezas pesadas, se tomara **F = 2**

n; número de chimeneas, incluida la que es objeto de calculo. **n=1**

V; caudal de gases emitidos, expresado en m³/h

$$\mathbf{m} = 0.28\mathbf{m}^3/\mathbf{s} = 1519.2\mathbf{m}^3/\mathbf{h}$$

ΔT; Temperatura de los gases a la salida de la chimenea y la temperatura media anual del aire ambiental en el lugar considerado, expresado en °C

(T entrada 250°C , temperatura ambiente 30^a C

C max; concentración máxima de contaminantes a nivel del suelo expresado en mg/m³ N. Se determinar como el valor de referencia de la norma de protección del ambiente atmosférico establecido por cada país (El tulas establece para fuente fija SO₂ 1650 mg/N m³, Fundación natura 100 mg/m³).

Si el foco emite varios contaminantes, la altura de la chimenea se calculará para cada uno de ellos, adoptándose el valor que resulte mayor.

Reemplazando los valores en la formula 4.32 se obtiene que;

$$H_o = 5.8 = 6 \text{ m}$$

Calidad de aire

Es el valor que establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel del suelo, de un contaminante del aire durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles establecidos en la norma de calidad de aire ambiente (TULAS) se aplicarán para aquellas concentraciones de contaminantes que se determinen fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados.

Norma de calidad de aire ambiente libro 6 anexo 4 sección 4.1.2

establece para el Dióxido de azufre (SO₂).- El promedio aritmético de la concentración de SO₂ determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ochenta microgramos por metro cúbico (80 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder trescientos

cincuenta microgramos por metro cúbico ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), más de una vez en un año.

Para garantizar que los gases de combustión estén bajo la norma se utilizara el modelo matemático de la distribución de Gauss.

El modelo de dispersión de Gauss puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$C_{(x,y,z,H_e)} = \frac{Q}{2 * \pi * u * \sigma_y * \sigma_z} \exp\left[\frac{-y^2}{2 * \sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[\frac{-(z - H_e)^2}{2 * \sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z + H_e)^2}{2 * \sigma_z^2}\right] \right\}$$

(4.34)

En donde:

Q: caudal de contaminante emitido (masa por unidad de tiempo)

u: Velocidad promedio de la velocidad (m/s)

$\sigma_y \cdot \sigma_z$: Parámetros de dispersión o de distribución.

H: Altura Efectiva

y: coordenada transversal a la dirección horizontal del viento.

z: coordenada de altura a la dirección horizontal del viento

Para la aplicación del modelo se tomaran en cuenta las siguientes suposiciones:

- El flujo se mantiene estable
- Magnitud y dirección constante en el periodo de interés.
- No existen barreras para la dispersión encima o por debajo de la Fuente.
- La fuente emite de manera constante un caudal Q
- Contaminantes Inertes

Al momento de aplicar las el modelo de dispersión de gauss hay que tomar en cuenta los siguientes parámetros.

- Velocidad y dirección del viento.
- Estabilidad Atmosférica.
- Dimensiones de la Chimenea
- Velocidad de Salida de los Gases
- Temperatura de salidas de los Gases
- Condiciones Atmosféricas

Altura Efectiva de la chimenea.

Los cálculos consisten básicamente en determinar la sobre elevación Δh del penacho de humos sobre la chimenea, de altura H_o (altura de real de la chimenea), al objeto de determinar la altura efectiva de la emisión sobre terreno plano:

$$H = H_o + \Delta h \quad (4.35)$$

Para calcular la altura de la pluma Δh , se utilizara la ecuación de Briggs, donde primeramente se calcula la fuerza ascensional del flujo, F_b (Parámetro de Boyantes m^4/s^2), que viene expresado por la ecuación:

$$F_b = g.V_s.D_s.^2 \left(\frac{T_s - T_a}{T_s} \right) \quad (4.36)$$

V_s : Velocidad de salida de los gases [m/s]

D_s : Diámetro de la chimenea [m]

T_s : Temperatura de salida de los gases [K]

T_a : Temperatura atmosférica [K]

$$Fb = 9.8\text{m/s}^2 * 2.148\text{m/s} * (0.5\text{m})^2 * \frac{523 - 303}{523} = 2.2137$$

Conocido el grado de boyantes, se considera una **estabilidad C** para zonas rurales, en atmósfera inestable.

Si $Fb < 55 \text{ m}^4/\text{s}^3$ la ecuación a utilizar es :

$$\Delta h = 21.4 \left(\frac{Fb^{3/4}}{u} \right) \quad (4.37)$$

U ; velocidad del viento a la altura de la salida de chimenea (3 m/s)

$$\Delta h = 12.712 \text{ m}$$

Por lo tanto la altura efectiva de la chimenea (ecuación 4.35) es;

$$H = 6 + 12.712 = 18.712 \text{ m}$$

Por lo tanto la velocidad de viento es ajustada del valor observado u_{ref} desde una altura de referencia (5 m) z_{ref} hasta la altura de la chimenea o punto de descarga h_s , p es el exponente de perfil del viento.

TABLA 4.22
VALORES DE P

Categoría de Estabilidad	Exponente rural	Exponente Urbano
A	0.07	0.15
B	0.07	0.15
C	0.10	0.20
D	0.15	0.25
E	0.35	0.30
F	0.55	0.30

***Referencia [18]**

u_s , se puede determinar a partir de la distribución de velocidades en base a la ecuación.

$$u_s = u_{ref} \left[\frac{hs}{Z_{ref}} \right]^p \quad (4.38)$$

$$u_s = 3 * \left(\frac{6}{5} \right)^{0.10} = 3.0552 \text{ m/s}$$

Los Parámetros de dispersión o de distribución Atmosférica dependen del área en la cual se localicé la fuente de emisión, ya que las ecuaciones para el cálculo de $\sigma_y \cdot \sigma_z$ varían en función de la estabilidad

atmosférica (en este caso se considera una estabilidad tipo C) y el tipo de zona urbana o rural.

TABLA 4.23

COEFICIENTE DE DISPERSIÓN RURALES DE BRIGGS

Clase de estabilidad Pasquill	σ_Y (m) Condiciones Rurales	σ_Z Condiciones Rurales
A	$0,22 * X * (1 + 0,0001 * X)$	$0,20 * X$
B	$0,16 * X * (1 + 0,0001 * X)$	$0,12 * X$
C	$0,11 * X * (1 + 0,0001 * X)$	$0,08 * X * (1 + 0,0002 * X)$
D	$0,08 * X * (1 + 0,0001 * X)$	$0,06 * X * (1 + 0,0015 * X)$
E	$0,06 * X * (1 + 0,0001 * X)$	$0,03 * X * (1 + 0,0003 * X)$
F	$0,04 * X$	$0,016 * X * (1 + 0,0003 * X)$

*** Referencia [18]**

Una vez calculado la altura de la estela, H efectivo, los parámetros de distribución se procede a calcular la matriz de concentración en base a las coordenadas en los siguientes intervalos de x = 0 a 580 en un intervalo de cada 20 metros y Y de -30 a 30 en un intervalo de cada 10 metros.

Las concentraciones obtenidas usando la ecuación de Gauss fueron evaluadas para una hora, por lo tanto la concentración por hora es

multiplicada por un factor para obtener una estimación aproximada de las concentraciones por períodos más largos.

TABLA 4.24
FACTOR PARA EVALUAR LA CONCENTRACIÓN EN FUNCIÓN DEL
TIEMPO

Periodos por tiempo	Multiplicación 1 hr. para evaluar
3 hr	0.9
8 hr	0.7
24 hr	0.4
anual	0.03-0.08

* Referencia [2]

TABLA 4.25
CONCENTRACION DE CO₂ EN LA ATMOSFERA

x (m)	-30		-10	0	10	20	30	mg/m3	µg/m3(1 hora)	µg/m3(24 hora)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2,81E-71	8,44E-49	2,59E-35	8,09E-31	2,59E-35	8,44E-49	2,81E-71	8,095E-28	8,09E-25	3,24E-25
40	4,87E-19	2,08E-13	4,97E-10	6,65E-09	4,97E-10	2,08E-13	4,87E-19	6,646E-06	0,006646	0,002658
60	1,46E-09	4,70E-07	1,50E-05	4,77E-05	1,50E-05	4,70E-07	1,46E-09	0,0476813	47,68134	19,07253
80	2,35E-06	6,09E-05	4,29E-04	8,23E-04	4,29E-04	6,09E-05	2,35E-06	0,8232703	823,2703	329,3081
100	6,11E-05	4,92E-04	1,72E-03	2,61E-03	1,72E-03	4,92E-04	6,11E-05	2,6145919	2614,592	1045,837
120	3,21E-04	1,37E-03	3,28E-03	4,38E-03	3,28E-03	1,37E-03	3,21E-04	4,3803055	4380,306	1752,122
140	8,05E-04	2,34E-03	4,45E-03	5,51E-03	4,45E-03	2,34E-03	8,05E-04	5,5128795	5512,88	2205,152
160	1,38E-03	3,12E-03	5,11E-03	6,02E-03	5,11E-03	3,12E-03	1,38E-03	6,0182512	6018,251	2407,3
180	1,89E-03	3,62E-03	5,35E-03	6,09E-03	5,35E-03	3,62E-03	1,89E-03	6,090411	6090,411	2436,164
200	2,29E-03	3,88E-03	5,32E-03	5,91E-03	5,32E-03	3,88E-03	2,29E-03	5,9090882	5909,088	2363,635
220	2,55E-03	3,95E-03	5,13E-03	5,60E-03	5,13E-03	3,95E-03	2,55E-03	5,5975836	5597,584	2239,033
240	2,70E-03	3,90E-03	4,86E-03	5,23E-03	4,86E-03	3,90E-03	2,70E-03	5,2310276	5231,028	2092,411
260	2,76E-03	3,78E-03	4,56E-03	4,85E-03	4,56E-03	3,78E-03	2,76E-03	4,8521962	4852,196	1940,878
280	2,75E-03	3,61E-03	4,25E-03	4,48E-03	4,25E-03	3,61E-03	2,75E-03	4,4840364	4484,036	1793,615
300	2,70E-03	3,42E-03	3,95E-03	4,14E-03	3,95E-03	3,42E-03	2,70E-03	4,1378843	4137,884	1655,154
320	2,62E-03	3,23E-03	3,66E-03	3,82E-03	3,66E-03	3,23E-03	2,62E-03	3,8184797	3818,48	1527,392
340	2,53E-03	3,04E-03	3,40E-03	3,53E-03	3,40E-03	3,04E-03	2,53E-03	3,5269255	3526,926	1410,77
360	2,42E-03	2,86E-03	3,16E-03	3,26E-03	3,16E-03	2,86E-03	2,42E-03	3,2624025	3262,403	1304,961
380	2,31E-03	2,68E-03	2,93E-03	3,02E-03	2,93E-03	2,68E-03	2,31E-03	3,0231499	3023,15	1209,26
400	2,20E-03	2,52E-03	2,73E-03	2,81E-03	2,73E-03	2,52E-03	2,20E-03	2,8070171	2807,017	1122,807
420	2,10E-03	2,37E-03	2,55E-03	2,61E-03	2,55E-03	2,37E-03	2,10E-03	2,6117668	2611,767	1044,707
440	1,99E-03	2,23E-03	2,38E-03	2,44E-03	2,38E-03	2,23E-03	1,99E-03	2,4352357	2435,236	974,0943
460	1,89E-03	2,10E-03	2,23E-03	2,28E-03	2,23E-03	2,10E-03	1,89E-03	2,2754123	2275,412	910,1649
480	1,80E-03	1,98E-03	2,09E-03	2,13E-03	2,09E-03	1,98E-03	1,80E-03	2,1304685	2130,469	852,1874
500	1,71E-03	1,86E-03	1,96E-03	2,00E-03	1,96E-03	1,86E-03	1,71E-03	1,9987665	1998,767	799,5066
520	1,63E-03	1,76E-03	1,85E-03	1,88E-03	1,85E-03	1,76E-03	1,63E-03	1,8788512	1878,851	751,5405
540	1,55E-03	1,67E-03	1,74E-03	1,77E-03	1,74E-03	1,67E-03	1,55E-03	1,7694364	1769,436	707,7746
560	1,47E-03	1,58E-03	1,65E-03	1,67E-03	1,65E-03	1,58E-03	1,47E-03	1,6693888	1669,389	667,7555
580	1,40E-03	1,50E-03	1,56E-03	1,58E-03	1,56E-03	1,50E-03	1,40E-03	1,5777111	1577,711	631,0844

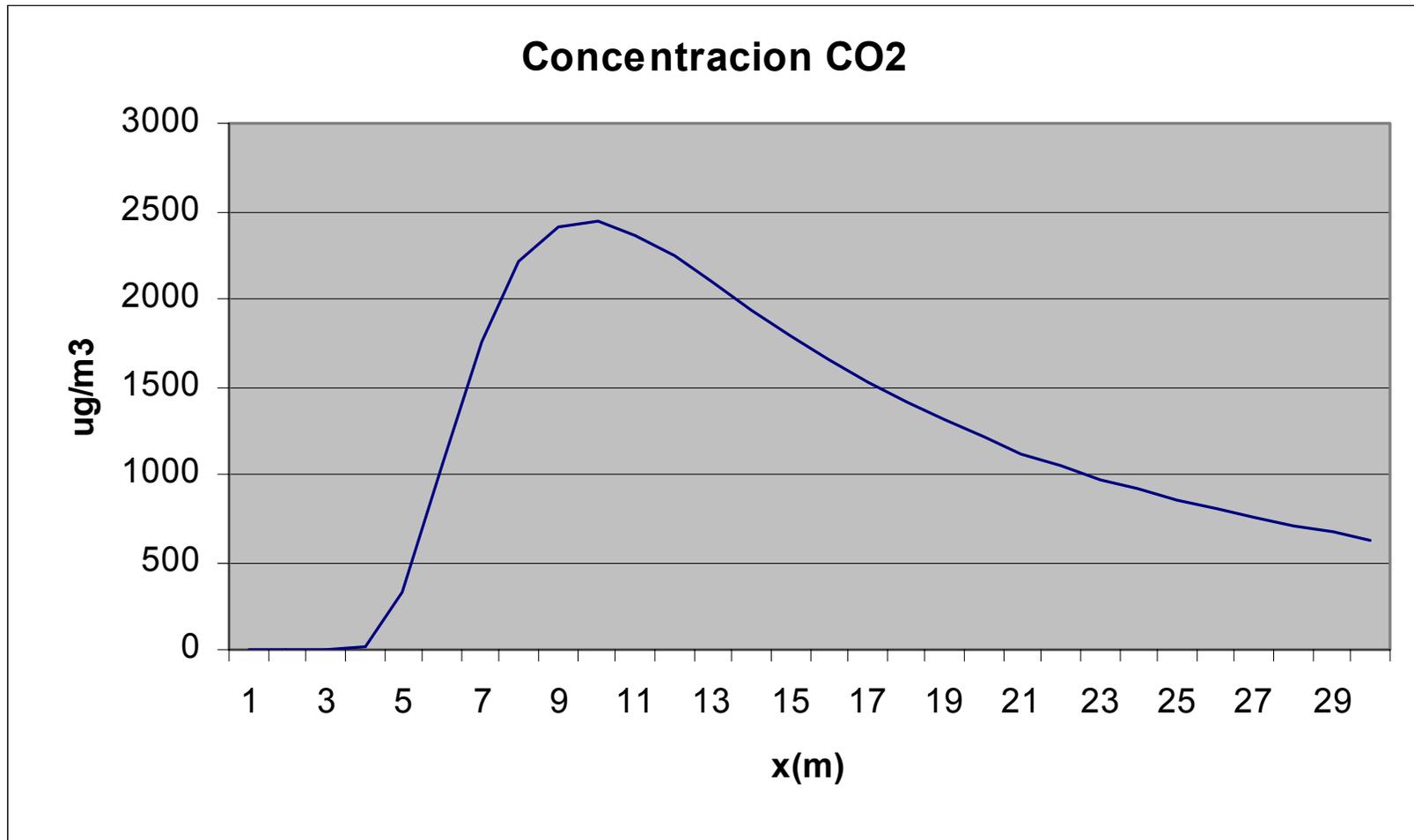


Figura 4.9 Curva de concentración de CO₂, durante 24 horas

TABLA 4.26
CONCENTRACION DE SO₂ EN LA ATMOSFERA

x (m)	-30	-20	-10	0	10	20	30	mg/m3	g/m3(1 hora)	g/m3(24 hora)
0	0,00E+00	0	0	0						
20	6,07E-74	1,82E-51	5,58E-38	1,75E-33	5,58E-38	1,82E-51	6,07E-74	1,747E-30	1,747E-27	6,9882E-28
40	1,05E-21	4,49E-16	1,07E-12	1,43E-11	1,07E-12	4,49E-16	1,05E-21	1,4344E-08	1,4344E-05	5,7376E-06
60	3,16E-12	1,02E-09	3,24E-08	1,03E-07	3,24E-08	1,02E-09	3,16E-12	0,00010291	0,10291037	0,04116415
80	5,08E-09	1,32E-07	9,27E-07	1,78E-06	9,27E-07	1,32E-07	5,08E-09	0,00177686	1,7768598	0,71074392
100	1,32E-07	1,06E-06	3,72E-06	5,64E-06	3,72E-06	1,06E-06	1,32E-07	0,00564306	5,6430596	2,25722384
120	6,93E-07	2,96E-06	7,07E-06	9,45E-06	7,07E-06	2,96E-06	6,93E-07	0,00945399	9,4539899	3,78159596
140	1,74E-06	5,06E-06	9,61E-06	1,19E-05	9,61E-06	5,06E-06	1,74E-06	0,01189842	11,898418	4,7593672
160	2,97E-06	6,74E-06	1,10E-05	1,30E-05	1,10E-05	6,74E-06	2,97E-06	0,01298916	12,989159	5,1956636
180	4,09E-06	7,82E-06	1,15E-05	1,31E-05	1,15E-05	7,82E-06	4,09E-06	0,0131449	13,144902	5,2579608
200	4,94E-06	8,37E-06	1,15E-05	1,28E-05	1,15E-05	8,37E-06	4,94E-06	0,01275355	12,753554	5,1014216
220	5,51E-06	8,52E-06	1,11E-05	1,21E-05	1,11E-05	8,52E-06	5,51E-06	0,01208124	12,081235	4,832494
240	5,83E-06	8,42E-06	1,05E-05	1,13E-05	1,05E-05	8,42E-06	5,83E-06	0,0112901	11,290099	4,5160396
260	5,96E-06	8,15E-06	9,84E-06	1,05E-05	9,84E-06	8,15E-06	5,96E-06	0,01047247	10,472469	4,1889876
280	5,94E-06	7,79E-06	9,17E-06	9,68E-06	9,17E-06	7,79E-06	5,94E-06	0,00967787	9,6778718	3,87114872
300	5,84E-06	7,39E-06	8,52E-06	8,93E-06	8,52E-06	7,39E-06	5,84E-06	0,00893077	8,9307735	3,5723094
320	5,67E-06	6,98E-06	7,91E-06	8,24E-06	7,91E-06	6,98E-06	5,67E-06	0,0082414	8,2414043	3,29656172
340	5,46E-06	6,57E-06	7,34E-06	7,61E-06	7,34E-06	6,57E-06	5,46E-06	0,00761214	7,6121444	3,04485776
360	5,23E-06	6,17E-06	6,81E-06	7,04E-06	6,81E-06	6,17E-06	5,23E-06	0,00704123	7,0412259	2,81649036
380	4,99E-06	5,79E-06	6,33E-06	6,52E-06	6,33E-06	5,79E-06	4,99E-06	0,00652485	6,5248483	2,60993932
400	4,76E-06	5,44E-06	5,90E-06	6,06E-06	5,90E-06	5,44E-06	4,76E-06	0,00605837	6,0583699	2,42334796
420	4,53E-06	5,11E-06	5,50E-06	5,64E-06	5,50E-06	5,11E-06	4,53E-06	0,00563696	5,6369623	2,25478492
440	4,30E-06	4,81E-06	5,14E-06	5,26E-06	5,14E-06	4,81E-06	4,30E-06	0,00525596	5,2559563	2,10238252
460	4,09E-06	4,53E-06	4,81E-06	4,91E-06	4,81E-06	4,53E-06	4,09E-06	0,00491101	4,9110101	1,96440404
480	3,88E-06	4,27E-06	4,51E-06	4,60E-06	4,51E-06	4,27E-06	3,88E-06	0,00459818	4,5981787	1,83927148
500	3,69E-06	4,02E-06	4,24E-06	4,31E-06	4,24E-06	4,02E-06	3,69E-06	0,00431393	4,3139271	1,72557084

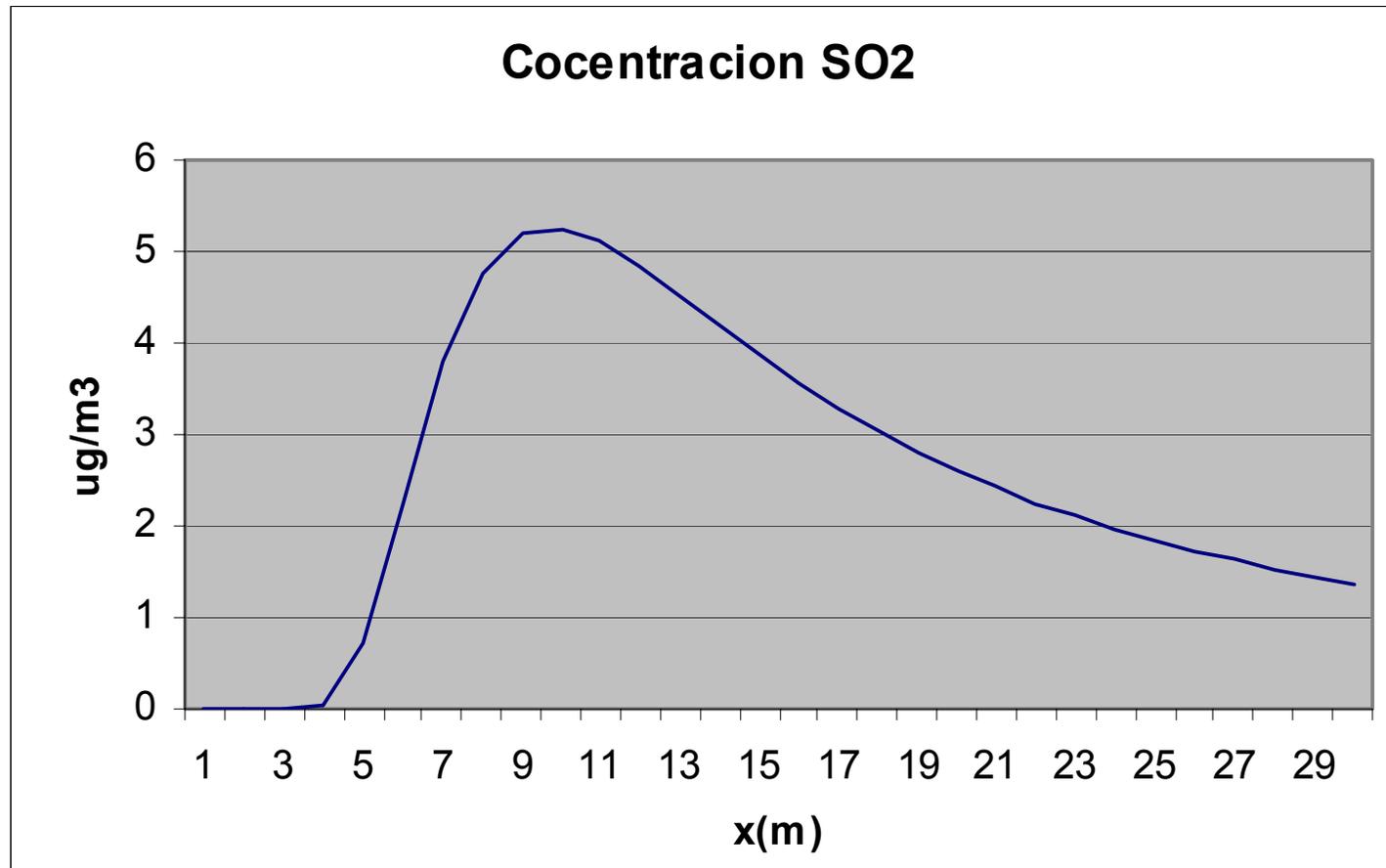


Figura 4.10 Curva de Concentración de SO₂, durante 24 horas

En la tabla 4.25 se puede observar que la concentración máxima de CO_2 es a 180 m de la fuente con un valor de 6.09 mg/m^3 ($2836.16 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ durante 24 horas).

En la tabla 4.26 la máxima concentración de SO_2 generada a la atmósfera es a 180 m de la fuente con un valor de $13.144 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en una hora ($5.25 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ durante 24 horas).

Como se ha indicado anteriormente la norma de calidad de aire establecida en el TULAS durante 24 horas se debe generar ($350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Por lo tanto al obtener concentraciones bajo la norma se puede indicar que la altura de la chimenea es la apropiada para este caso.

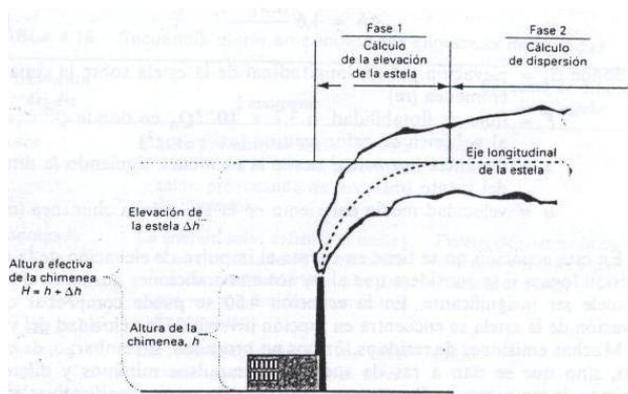


Figura 4.11. Esquema de dispersión de una chimenea

A continuación se muestra los cálculos de los parámetros de dispersión σ_y y σ_z para las coordenadas planteadas:

TABLA 4.27
PARÁMETROS DE DISPERSIÓN σ_y Y σ_z

x (m)	σ_y	σ_z
0	0,00E+00	0,00E+00
20	2,20E+00	1,59E+00
40	4,39E+00	3,15E+00
60	6,58E+00	4,69E+00
80	8,77E+00	6,20E+00
100	1,09E+01	7,70E+00
120	1,31E+01	9,17E+00
140	1,53E+01	1,06E+01
160	1,75E+01	1,21E+01
180	1,96E+01	1,35E+01
200	2,18E+01	1,49E+01
220	2,39E+01	1,62E+01
240	2,61E+01	1,76E+01
260	2,82E+01	1,89E+01
280	3,04E+01	2,02E+01
300	3,25E+01	2,16E+01
320	3,47E+01	2,28E+01
340	3,68E+01	2,41E+01
360	3,89E+01	2,54E+01
380	4,10E+01	2,66E+01
400	4,31E+01	2,79E+01
420	4,53E+01	2,91E+01
440	4,74E+01	3,03E+01
460	4,95E+01	3,15E+01
480	5,16E+01	3,26E+01
500	5,37E+01	3,38E+01
520	5,58E+01	3,50E+01
540	5,79E+01	3,61E+01
560	5,99E+01	3,72E+01
580	6,20E+01	3,83E+01

4.5 Análisis de Tiro

Se llama Tiro o draft de la chimenea a la diferencia de presión entre presión atmosférica y la presión en chimenea a la misma altura, interesa que la presión en el interior del horno y chimenea sea siempre inferior al exterior, ya que la dirección de los fluidos va siempre de mayor a menor presión, en el borde de la chimenea esta presión ha de ser mayor a la ambiente para favorecer la salida de gases.

La diferencia de presión por elevación vale:

$$\frac{\Delta P}{\rho} = g * h * (1 - \rho_g / \rho_a) \quad (4.39)$$

Donde;

g; gravedad 9.8 m/s

h ; altura de la chimenea real

ρ_a ; Densidad del ambiente (30°C.), 1.16 Kg/m³

ρ_g ; Densidad del gas. (250° C) 0.66 Kg/m³

Reemplazando la ecuación 4.39 se obtiene:

$$\frac{\Delta P}{\rho} = 9.8 \text{m/s}^2 * 6 \text{m} * (1 - 0.66/1.16)$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = 25.344 \text{Pa}$$

Perdidas

1) Las pérdidas a lo largo de la chimenea valen:

$$\Delta P_f = f * \left(\frac{L}{D} \right) * \left(\frac{V_g^2}{2 * g * \rho_g} \right) \quad (4.40)$$

Donde;

L; Longitud real de la chimenea (6 m)

V; velocidad de los gases a la entrada de la chimenea (7.8 m/s)

D; diámetro de la chimenea (0.5 m)

f; factor de fricción de Moody el cual es un parámetro adimensional , el cual se determina con la siguiente grafica

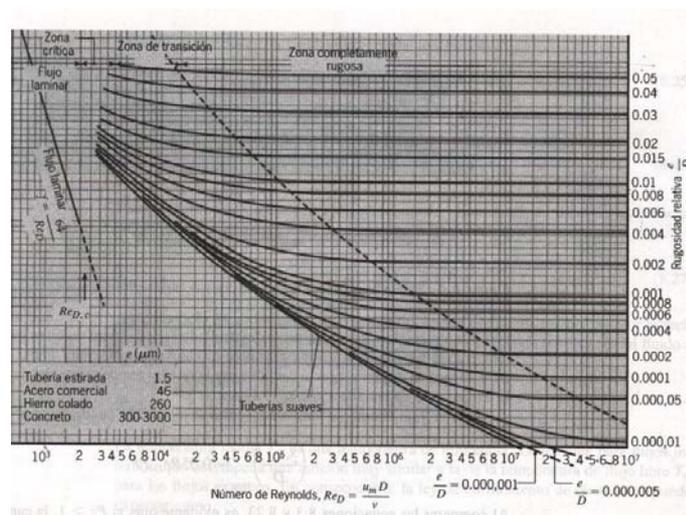


Figura 4.12 Factor de fricción para flujo completamente desarrollado en un tubo circular

De esta grafica se obtiene que f sea igual a 0.035, reemplazando los valores se obtiene que $\Delta P_f = 1.975$ Pa.

2) Las pérdidas a la salida de la chimenea vale:

$$\Delta P_{ex} = \rho V^2 / 2g_c \quad (4.41)$$

Donde;

V ; velocidad de salida de los gases (2.148 m/s)

ρ ; Densidad del gas (250 °C)

Por lo tanto $\Delta P_{ext} = 0.155$ Pa.

Como se puede apreciar las perdidas por fricción son menores, entonces los gases de escape no tendrían dificultades para salir a la atmósfera, obteniendo una chimenea de tiro natural.

CAPITULO 5

5. COSTOS

5.1 Costo de Construcción

Para la realización del análisis económico del proyecto se toma como unidad monetaria el dólar

Costos directos

Son aquellos costos que pueden identificarse fácilmente en el producto terminado y representa el principal costo en la elaboración del producto.

Los costos detallados (Tabla 5.1) son precios obtenidos en la Cámara de la construcción de Guayaquil y Quito, contraloría general del estado dirección de contratación pública (Apéndice c), Ferreteras Importadoras de Guayaquil.

TABLA 5.1

MATERIALES Y EQUIPOS DIRECTOS

ITEMP	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO U.	COSTO TOTAL
1	Quemador OESTLI EM-7, F, 35-70Fg/h	1	1290	1290
2	Quemador Wayne HS 0,5-3 gal/h	1	600	600
3	Ventilador 500 CFM	1	380	380
4	pedra pómez (TON)	1	15	15
5	ladrillos refractarios ERECOS	1000	2	2000
6	Arena sílice (volqueta)	1	50	50
7	Cemento refractario ERECOS	40	20	800
8	Plancha de acero laminado en frío 1x0,5 m	1	5	5
9	Vigas UPN (1 m)	2	1,6	3,2
10	Varilla 1 " hierro	1	2,33	2,33
11	Plancha ASTM Ass 36, 5 mm (Kg.)	464,64	0,9	418,176
12	Plancha ASTM Ass 36, 8 mm (plancha)	4	180	720
13	Tubos de acero galvanizado 1" (6 m)	416	10,45	4347,2
14	ladrillo pómez	100	0,85	85
15	saco de cemento	5	5,32	26,6
16	Plancha negra (1,2 *2,44m)	3	43,66	130,98
17	Aislante - lana de vidrio (m)	3	0,7	2,1
18	electrodos 6011 kilogramos	60	2,34	140,4
19	electrodos 7000 kilogramos	60	2,36	141,6
20	Tubería de cobre 1/2 m	33	2,04	67,32
21	Accesorios de tubería	100	0,34	34
22	PLC	1	960	960
23	Controlador Temperatura	1	900	900
24	Controlador de presión	1	740	740
25	Sistema hidráulico	1	750	750
26	Tablero de control	1	40,82	40,82
27	pernos 1/2	100	0,82	82
	TOTAL		\$	14731,726

TABLA 5.2

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	Costo Hora	Factor Real	Mensual
Ing. Mecanico	1,51	2,11	362,4
Soldador	1,4	2,12	246,4
ayudante del soldador	1,36	2,13	239,36
ayudante de albañil	1,36	2,13	239,36
Albañil	1,38	2,13	242,88
Electricista	1,38	2,13	242,88
TOTAL			1573,28
Durante 3 meses			4719,84

TOTAL (DOLARES)	19451,566
TOTAL (DOLARES) + 12 % IVA	21785,7539

Costos indirectos

Son aquellos utilizados en la elaboración de un producto, pero no son fácilmente identificables y son incluidos como parte de los costos indirectos de fabricación.

TABLA 5.3

COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCION	COSTOS
Transporte	700
Gastos administrativos	500
maquinarias a utilizar	2000
Misceláneos	500
TOTAL (Dolares)	3700

Maquinas a utilizar

Soldadora

Cortadora

Sierra

Llaves de tubo, francesa, entre otras

5.2 Costos de Operación:

La incineración, tiene unos costos de operación que bordean un \$1 por kilo de desecho incinerado, valor por demás bajo considerando que no existe mantenimiento, sistemas de depuración de gases, gestión técnica de las escorias, ni monitoreo periódico de las emisiones.

Cabe indicar que se utilizaría para su operación en la primera hora 16 gal, y durante la destrucción de los residuos 65 galones (\$ 50 dólares)

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Como se puede apreciar en el capítulo 1 la composición de los desechos hospitalarios varia en función del lugar de generación y uso inicialmente producto antes de ser desecho.
- El desarrollo de cualquier sistema de incineración de desechos hospitalarios se debe tomar en cuenta siempre el tiempo mínimo de residencia de los gases de 2 segundos, pérdida mínima de calor hacia el exterior y la posibilidad de recuperación de calor.
- El desarrollo de una cámara de combustión de tipo cilíndrica permite lograr el efecto de pórtico auto soportante en las paredes del horno que tienen un espesor de 20cm, además de un tiempo relativamente corto de construcción.

- Otro punto muy importante es el desarrollo de mezcla de materiales refractarios, en este caso particular el uso combinado de ladrillo refractario, arena sílice, piedra pómez y aislante térmico; esto permite mantener la temperatura externa del horno inferior a los 100°C después de la quinta hora, teniendo constante la temperatura interior alrededor de 1200° C.
- Se puede observar en el capítulo 3 utilizando los gráficos de smith que la distribución de temperatura a través de la pared del refractario empieza a estabilizarse a partir de la quinta hora. Este diagrama nos permitirá estimar la pérdidas de calor hacia el exterior producto al gradiente de temperatura existente entre los gases de combustión en el interior de la cámara y el exterior a temperatura ambiente.
- El dimensionamiento de la cámara de combustión esta en función directa de la masa de desecho, combustible, de las paredes aislante del horno y masa de gases producidos, es importante resaltar que durante dimensionamiento se tomo en cuenta la recuperación de gases de combustión que reingresaban a la primera cámara con una temperatura aproximada 800° C después de la primera hora, este

procedimiento permite disminuir el consumo de combustible por el precalentamiento de los gases.

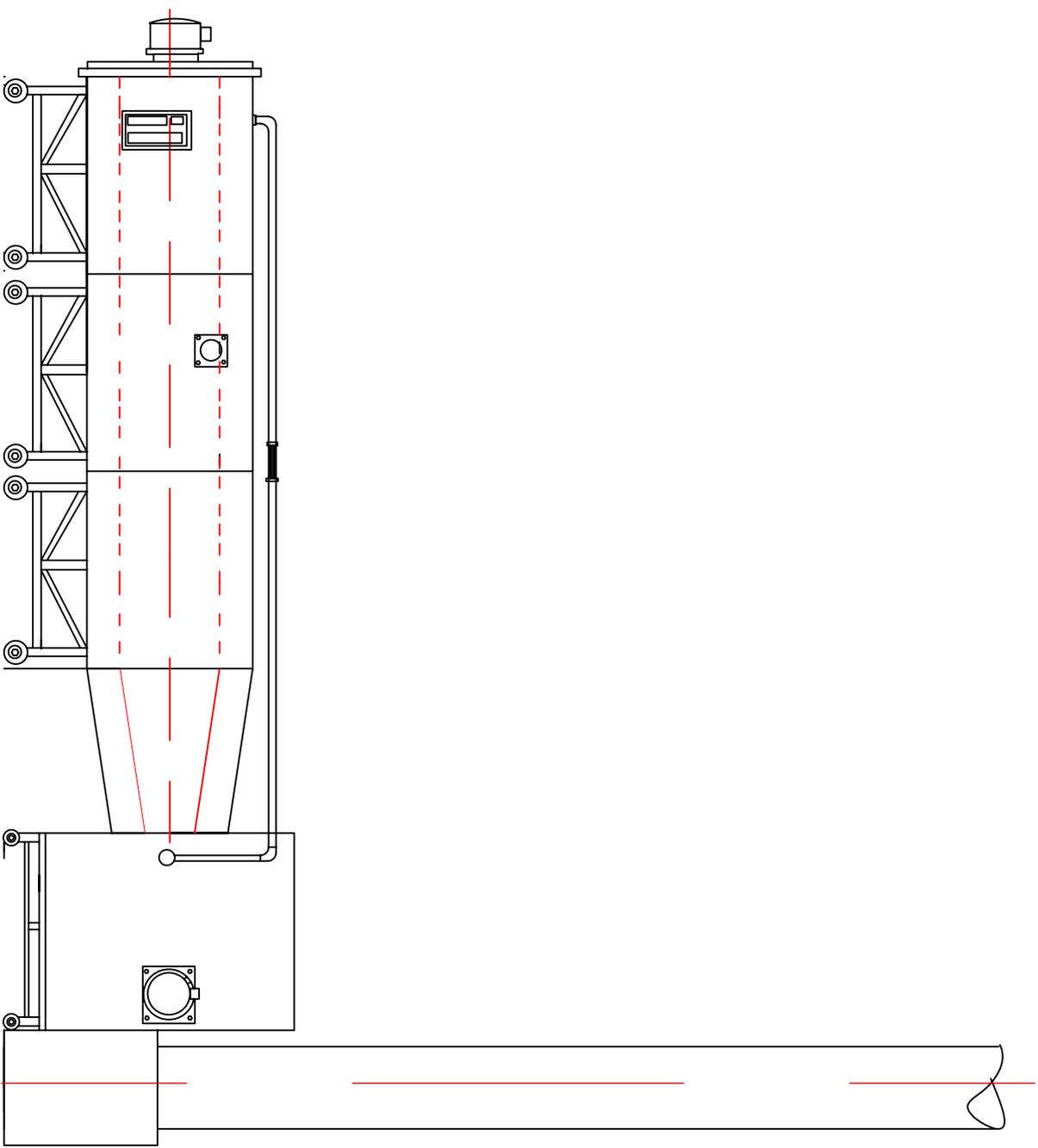
- Para mejorar la turbulencia de los gases dentro de la cámara combustión e intercambiador de calor, se estableció el uso de sopladores auxiliares como accesorios del equipo.
- El desarrollo de una fórmula química que represente a los DH está en función a la composición de los mismos por lo cual se recomienda que conocer la composición porcentual de cada elemento del desecho.
- La utilización de diesel como combustible permite tener bajos valores de emisión de SO_2 hacia la atmósfera por tener muy poco azufre en su composición.
- La selección apropiada del exceso de aire requerido en la ecuación de combustión interviene de manera directa en los valores de concentración y flujo de los productos de la ecuación
- Esta tesis incorpora el dimensionamiento y utilización de un recuperador de calor en forma de banco de tubos no solo que permite reutilizar la energía de los gases de combustión, sino que a su vez

cumple la función de un enfriador de gases logrando disminuir la temperatura de los gases 250°C con muy poca caída de presión

- El dimensionamiento de una chimenea de 6m de altura con un diámetro interior de 0.50m permite cumplir los valores de emisión establecidos en las normas ecuatorianas para fuentes fijas; así mismo el desarrollo del modelo de dispersión de gauss utilizando parámetros comunes en áreas rurales nos permite estimar que el área afectada por los gases de combustión es mínima para el de SO_2 , siendo la distancia donde ocurre la mayor concentración a 180m de la fuente.
- El costo de construcción del equipo es inferior a valores nominales en el mercado con montos menores a los 10.000 dólares por lo cual posee una relativa facilidad de adquisición.

RECOMENDACIONES

- Las normativas ecuatorianas nos establecen parámetros de control y monitoreo de incineradores por lo cual se hace necesario crear normativas para los control de los mismos, en la actualidad se utilizada como parámetros de control lo estipulado en el TULAS para fuentes de emisión fija.



ESPOL

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

PLANO SISTEMA AI

INCINERADOR HOSPITALARIO

ESCALA

NOMBRE: EMERITA DELGADO PLAZA

Apéndice

Apéndice A



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS LIBRO VI ANEXO 6

Introducción

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Esta Norma establece los criterios para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, desde su generación hasta su disposición final. La presente Norma Técnica no regula a los desechos sólidos peligrosos.

La presente norma técnica determina o establece:

- De las responsabilidades en el manejo de desechos sólidos
- De las prohibiciones en el manejo de desechos sólidos
- Normas generales para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la entrega de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- Normas generales para la recolección y transporte de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la transferencia de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el saneamiento de los botaderos de desechos sólidos.

- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno manual.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado.
- Normas generales para la recuperación de desechos sólidos no peligrosos.

DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

2.1 ALMACENAMIENTO

Es la acción de retener temporalmente los desechos sólidos, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos.

2.2 ASEO URBANO

Es la limpieza y mantenimiento de la ciudad, libre de desechos sólidos producidos por sus habitantes.

2.3 BIODEGRADABLE

Propiedad de toda materia de tipo orgánico, de poder ser metabolizada por medios biológicos.

2.4 CARACTERIZACIÓN DE UN DESECHO

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del desecho, integrado por la toma de muestras, e identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos. Los datos de caracterización generalmente corresponden a mediciones de campo y determinaciones de laboratorio que resultan en concentraciones contaminantes, masas por unidad de tiempo y masas por unidad de producto.

2.5 CONTAMINACIÓN

Es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellas, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente.

2.6 CONTENEDOR

Recipiente de gran capacidad, metálico o de cualquier otro material apropiado utilizado para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos, generados en centros de gran concentración, lugares que presentan difícil acceso o bien en aquellas zonas donde por su capacidad es requerido.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

2.7 CONTROL

Conjunto de actividades efectuadas por la entidad de aseo, tendiente a que el manejo de desechos sólidos sea realizado en forma técnica y de servicio a la comunidad.

2.8 DESECHO

Denominación genérica de cualquier tipo de productos residuales, restos, residuos o basuras no peligrosas, originados por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que pueden ser sólidos o semisólidos, putrescibles o no putrescibles.

2.9 DESECHO SÓLIDO

Se entiende por desecho sólido todo sólido no peligroso, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, cenizas, elementos del barrido de calles, desechos industriales, de establecimientos hospitalarios no contaminantes, plazas de mercado, ferias populares, playas, escombros, entre otros.

2.10 DESECHO SEMI-SÓLIDO

Es aquel desecho que en su composición contiene un 30% de sólidos y un 70% de líquidos.

2.11 DESECHO SÓLIDO DOMICILIARIO

El que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

2.12 DESECHO SÓLIDO COMERCIAL

Aquel que es generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, bodegas, hoteles, restaurantes, cafeterías, plazas de mercado y otros.

2.13 DESECHOS SÓLIDOS DE DEMOLICIÓN

Son desechos sólidos producidos por la construcción de edificios, pavimentos, obras de arte de la construcción, brozas, cascote, etc, que quedan de la creación o derrumbe de una obra de ingeniería. Están constituidas por tierra, ladrillos, material pétreo, hormigón simple y armado, metales ferrosos y no ferrosos, maderas, vidrios, arena, etc.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

2.14 DESECHOS SÓLIDOS DE BARRIDO DE CALLES

Son los originados por el barrido y limpieza de las calles y comprende entre otras: Basuras domiciliarias, institucional, industrial y comercial, arrojadas clandestinamente a la vía pública, hojas, ramas, polvo, papeles, residuos de frutas, excremento humano y de animales, vidrios, cajas pequeñas, animales muertos, cartones, plásticos, así como demás desechos sólidos similares a los anteriores.

2.15 DESECHOS SÓLIDOS DE LIMPIEZA DE PARQUES Y JARDINES

Es aquel originado por la limpieza y arreglos de jardines y parques públicos, corte de césped y poda de árboles o arbustos ubicados en zonas públicas o privadas.

2.16 DESECHOS SÓLIDOS DE HOSPITALES, SANATORIOS Y LABORATORIOS DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN O PATÓGENOS

Son los generados por las actividades de curaciones, intervenciones quirúrgicas, laboratorios de análisis e investigación y desechos asimilables a los domésticos que no se pueda separar de lo anterior. A estos desechos se los considera como Desechos Patógenos y se les dará un tratamiento especial, tanto en su recolección como en el relleno sanitario, de acuerdo a las normas de salud vigentes y aquellas que el Ministerio del Ambiente expida al respecto.

4 DESARROLLO

4.2 De las prohibiciones en el manejo de desechos sólidos

4.2.1. Se prohíbe limpiar en la vía pública o espacios públicos, vehículos livianos, de transporte pesado, hormigoneras, buses y otros, siendo responsables de esta disposición el propietario del vehículo y el conductor, estando ambos obligados a limpiar la parte del espacio público afectado y a reparar los daños causados.

4.2.2. Se prohíbe arrojar o depositar desechos sólidos fuera de los contenedores de almacenamiento.

4.2.3 Se prohíbe la localización de contenedores de almacenamiento de desechos sólidos en áreas públicas. Sin embargo la entidad de aseo podrá permitir su localización en tales áreas, cuando las necesidades del servicio lo hagan conveniente, o cuando un evento o situación específica lo exija.

4.2.4 Se prohíbe la colocación de animales muertos, cuyo peso sea mayor a 40 Kg y de desechos sólidos de carácter especial, en contenedores de almacenamiento de uso público o privado en el servicio ordinario.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.2.5 Se prohíbe la quema de desechos sólidos en los contenedores de almacenamiento de desechos sólidos.

4.2.6 Se prohíbe quemar desechos sólidos a cielo abierto.

4.2.7 Se prohíbe la instalación de incineradores de desechos sólidos en edificios comunales o viviendas multifamiliares, los incineradores existentes a la fecha de expedición de esta Norma deberán ser reemplazados por otro sistema de eliminación autorizado por la entidad de aseo, previa aprobación de la Entidad Ambiental de Control.

4.2.8 Se prohíbe la disposición o abandono de desechos sólidos, cualquiera sea su procedencia, a cielo abierto, patios, predios, viviendas, en vías o áreas públicas y en los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Además se prohíbe lo siguiente:

- a) El abandono, disposición o vertido de cualquier material residual en la vía pública, solares sin edificar, orillas de los ríos, quebradas, parques, aceras, parterres, exceptuándose aquellos casos en que exista la debida autorización de la entidad de aseo.
- b) Verter cualquier clase de productos químicos (líquidos, sólidos, semisólidos y gaseosos), que por su naturaleza afecten a la salud o seguridad de las personas, produzcan daños a los pavimentos o afecte al ornato de la ciudad.
- c) Abandonar animales muertos en los lugares públicos y en cuerpos de agua.
- d) Abandonar muebles, enseres o cualquier tipo de desechos sólidos, en lugares públicos.
- e) Arrojar o abandonar en los espacios públicos cualquier clase de productos en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso. Los desechos sólidos de pequeño tamaño como papeles, plásticos, envolturas, desechos de frutas, etc., que produzcan los ciudadanos cuando caminan por la urbe, deberán depositarse en las papeleras peatonales instaladas para el efecto.
- f) Quemar desechos sólidos o desperdicios, así como tampoco se podrá echar cenizas, colillas de cigarrillos u otros materiales encendidos en los contenedores de desechos sólidos o en las papeleras peatonales, los cuales deberán depositarse en un recipiente adecuado una vez apagados.
- g) Arrojar cualquier clase de desperdicio desde el interior de los vehículos, ya sea que éstos estén estacionados o en circulación.
- h) Desalojar en la vía pública el producto de la limpieza interna de los hogares, comercios y de los vehículos particulares o de uso público.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.2.9 Se prohíbe la entrega de desechos sólidos no peligrosos para la recolección en recipientes que no cumplan con los requisitos establecidos en esta Norma.

4.2.10 Se prohíbe la entrada y circulación de los operarios de recolección en inmuebles o predios de propiedad pública o privada con el fin de retirar los desechos sólidos, exceptuándose casos especiales en que los vehículos recolectores tengan que ingresar a la propiedad, siendo necesaria una autorización previa.

4.2.11 Se prohíbe entregar desechos sólidos a operarios encargados del barrido y limpieza de vías y áreas públicas.

4.2.12 Se prohíbe que el generador de desechos sólidos entregue los desechos a persona natural o jurídica que no posea autorización de la entidad de aseo, aquél y ésta responderán solidariamente de cualquier perjuicio causado por las mismas y estarán sujetos a la imposición de las sanciones que establezcan las autoridades pertinentes.

4.2.13 Se prohíbe a toda persona distinta a las del servicio de aseo público, destapar, remover o extraer el contenido parcial o total de los recipientes para desechos sólidos, una vez colocados en el sitio de recolección.

4.2.14 Se prohíbe el acceso de personas y vehículos no autorizados a estaciones de transferencia de desechos sólidos.

4.2.15 Se prohíbe en el relleno sanitario y sus alrededores la quema de desechos sólidos.

4.2.16 Se prohíbe dentro del área del relleno sanitario la crianza de cualquier tipo de animal doméstico.

4.2.17 Se prohíbe la disposición de desechos sólidos peligrosos en el relleno sanitario de la ciudad, los cuales se encontrarán listados en la Normativa para Desechos Peligrosos, que emitirá el Ministerio del Ambiente.

4.2.18 Se prohíbe mezclar desechos sólidos peligrosos con desechos sólidos no peligrosos.

4.2.19 Se prohíbe la disposición de desechos radiactivos en los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.2.20 Se prohíbe la disposición de envases de medicinas, restos de medicamentos caducados, generados por farmacias, centros hospitalarios, laboratorios clínicos, centros veterinarios, etc, en el relleno sanitario, estos serán devueltos a la empresa distribuidora o proveedora, quién se encargará de su eliminación, aplicando el procedimiento de incineración, el cual será normado por los municipios.

Las cenizas producto del proceso de incineración, son desechos peligrosos, por consiguiente deberán cumplir con lo establecido en la Normativa para Desechos Peligrosos, que emitirá el Ministerio del Ambiente.

4.2.21 Se prohíbe la disposición de desechos industriales peligrosos provenientes de plantas de tratamiento o de los desechos sólidos generados del proceso de producción, en rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos.

4.2.22 Se prohíbe emplear a menores de edad en la recolección, eliminación o industrialización de desechos sólidos. De igual forma se prohíbe al personal del servicio de aseo urbano efectuar cualquier clase de manipulación o recuperación de desechos sólidos.

4.9 Normas generales para el tratamiento de desechos sólidos no peligrosos

Las presentes disposiciones se refieren a procesos convencionales a los que deben someterse los desechos sólidos, cuando a consideración de las Municipalidades o de las entidades pertinentes así se considere necesario.

4.9.1 Los desechos sólidos cuando luego del análisis de factibilidad técnica, económica y ambiental no puedan ser reciclados o reutilizados, deberán ser tratados por el generador de los desechos, con la finalidad de mejorar sus condiciones para su disposición final o eliminación, por ello los fines del tratamiento son:

- a) Reducción del volumen.
- b) Reducción del peso.
- c) Homogeneización de componentes.
- d) Reducción del tamaño.
- e) Uniformización del tamaño.

4.9.2 El funcionamiento de las plantas de tratamiento de desechos sólidos deberá contar con la autorización de funcionamiento expedida por la Entidad Ambiental de Control.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.9.3 Todo proyecto de construcción, ampliación o modificación de plantas de tratamiento de desechos sólidos deberá tener la aprobación de la Entidad Ambiental de Control.

4.9.4 En el funcionamiento de los incineradores de desechos sólidos, deberá darse cumplimiento a las disposiciones contempladas en la presente Norma para la Prevención y Control de la contaminación del aire.

4.9.5 Para detalles específicos relacionados con el sistema de tratamiento de desechos sólidos, se deberán utilizar las Normas de Diseño para la Elaboración de Proyectos de Sistemas de Aseo Urbano que elaborará el Ministerio del Ambiente.

4.10 Normas generales para el saneamiento de los botaderos de desechos sólidos

4.10.1 La siguiente información básica se deberá obtener como paso previo para sanear un botadero de desechos sólidos:

- a) Población que atiende el Botadero de desechos sólidos.
- b) Datos generales sobre las características de la Población que se atiende con el Botadero de desechos sólidos.
- c) Cantidad de desechos sólidos producidos por la población atendida.
- d) Producción futura de desechos sólidos.
- e) Cantidad de desechos sólidos recolectados.
- f) Cobertura del servicio.
- g) Composición física de los desechos sólidos.
- h) Composición química de los desechos sólidos.
- i) Peso específico de los desechos sólidos.
- j) Producción de lixiviados y gases.
- k) Localización general del sitio, con relación a la población atendida.
- l) Geología de la zona.
- m) Topografía del área.
- n) Meteorología.
- o) Posibilidad de material de cobertura.
- p) Censo vehicular (viajes de desechos sólidos que entraran en el Botadero).
- q) Títulos de propiedad.

4.10.2 Para el saneamiento de un Botadero de Desechos Sólidos se deberá realizar el diseño respectivo que tendrá como mínimo los siguientes requisitos:



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.10.2.1 Información Previa

Comprende la información correspondiente a la comunidad, por intermedio de la prensa hablada y escrita, indicando cuando se inician las obras, en que consisten, cual debe ser la participación de los usuarios y cual será su uso futuro.

4.10.2.2 Servicio de Vigilancia

Se determinará el número de vigilantes para que realicen sin ser limitativas las siguientes actividades:

- a) Controlar y vigilar a las personas que llegan.
- b) Controlar y vigilar los vehículos que entran y salen.
- c) Facilitar las obras correspondientes al saneamiento.
- d) Proteger la maquinaria y sacar los animales.

4.10.2.3 Cerco y Puerta

Se deberá diseñar un encerramiento de la propiedad por medio de un cerco que indique los límites y controle la entrada de animales que puedan dañar los trabajos que realizarán en el sitio.

4.10.2.4 Caseta de Control

Se deberá diseñar una Caseta de Control, a la entrada del Botadero de Desechos Sólidos la cual tendrá como funciones principales resguardar de las inclemencias del clima a los vigilantes que controlan la entrada al sitio, tener un lugar donde guardar las hojas de control de entrada de personal; y camiones con desechos sólidos, guardar los elementos menores de trabajo y ser un lugar en donde puedan cambiarse y guardar la ropa los trabajadores. Además deberá tener espacio para un pequeño escritorio, casillas para la ropa de los trabajadores y un cuarto donde guardar las herramientas menores de trabajo, tales como palas, picas y carretas.

4.10.2.5 Recolección de Lixiviados

Se deberán localizar los sitios donde se ubicarán los filtros o canales para los lixiviados, además se diseñarán y construirán los mismos, para que los lixiviados por gravedad se dirijan hacia las partes bajas, y luego a su tratamiento como paso previo a su disposición final.

4.10.2.6 Medición del Caudal de Lixiviados y dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Se deberá diseñar la medición del caudal de lixiviados y dimensionamiento del tanque de almacenamiento, en el sitio donde se concentren o donde lleguen los canales recolectores.

Se deberá diseñar un tanque de almacenamiento, con una capacidad de por lo menos tres días de producción en el mes más lluvioso.

El tanque de almacenamiento deberá tener su correspondiente diseño estructural.

4.10.3 Se deberá realizar como mínimo los siguientes análisis físico-químicos a los lixiviados captados como efluentes del Botadero de desechos sólidos:

Temperatura, pH, DBO₅, DQO, sólidos totales, nitrógeno total, fósforo total, dureza, alcalinidad, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, hierro, sodio, potasio, sólidos disueltos, plomo, mercurio, cadmio, cromo total, cianuros, fenoles y tensoactivos.

Basándose en los resultados obtenidos inicialmente, se deberá decidir el listado de los parámetros a medir periódicamente.

4.10.4 Manejo de Gases

El manejo de gases deberá realizarse mediante el uso de chimeneas y su combustión se hará mediante un quemador o mechero encendido para quemar el gas que sale de las chimeneas.

ACUERDO MINISTERIAL N° 001005 DE 26 DE DICIEMBRE DE 1996*

*Reglamento de Manejo de Desechos
Sólidos en los Establecimientos de
Salud de la República del Ecuador.*

El Ministerio de Salud Pública.

Considerando

Que el numeral 2, del artículo 19 de la Constitución Política de la República, establece que el Estado garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación.

Que el artículo 6 del Código de la Salud determina que el saneamiento ambiental es el mejor conjunto de actividades dedicadas a condicionar y controlar el ambiente en que vive el hombre, a fin de proteger su salud.

Que la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, expedida mediante Decreto Supremo N° 374, del 21 de mayo de 1976, publicado en el Registro Oficial N° 97, del 31 de los mismos mes y año, tiene como finalidad fundamental precautelar la buena utilización y conservación de los recursos naturales del país, en pro del bienestar individual y colectivo.

Que el artículo 23 de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, concede al Ministerio de Salud Pública facultades para planificación, regularización, normalización, limitación y supervisión de los sistemas de recolección, transporte y disposición final de los desechos peligrosos (hospitalarios), en los medios urbano y rural, en coordinación con las municipalidades.

Que mediante Decreto Ejecutivo N° 1802, publicado en el Registro Oficial N° 456 del 7 de junio de 1994 se establecen las "Políticas Básicas Ambientales en el Ecuador".

Que en los numerales 15 y 17 del decreto en mención se establecen las políticas relacionadas con el manejo de desechos en general, incluyendo tóxicos y peligrosos.

Que es deber y obligación del Ministerio de Salud Pública, hacer cumplir las disposiciones contempladas en los artículos 31 al 34 del Código de la Salud (Capítulo V. De la recolección y disposición de basuras).

En ejercicio de sus atribuciones legales.

Acuérda

Aprobar el Reglamento de Manejo de Desechos Sólidos en los Establecimientos de Salud de la República del Ecuador.

CAPÍTULO I.

Del ámbito de aplicación

Artículo 1.

Son objeto de aplicación del presente reglamento los establecimientos de salud de todo el país: hospitales, clínicas, centros de salud, policlínicos, consultorios, laboratorios clínicos y de patología, locales que trabajan con radiaciones ionizantes y clínicas veterinarias.

Artículo 2.

El organismo encargado del control en los campos técnico-normativo, ejecutivo y operacional es el Ministerio de Salud Pública a través de sus respectivas dependencias.

Artículo 3.

Es responsabilidad primordial de la administración de los establecimientos de salud la vigilancia del cumplimiento de las normas en las diferentes etapas del manejo de los desechos: separación, almacenamiento, recolección, transporte interno, tratamiento y eliminación final.

Artículo 4.

Los directores de los establecimientos de salud, administradores, médicos, enfermeras, odontólogos, tecnólogos, farmacéuticos, auxiliares de servicio, empleados de la administración y toda persona generadora de basura serán responsables del correcto manejo de los desechos hospitalarios, de acuerdo a las normas establecidas en el presente reglamento.

Artículo 5.

Los directores de los establecimientos de salud serán los responsables del cumplimiento de este reglamento a través del Comité de Manejo de Desechos Hospitalarios y de otras instancias similares.

Artículo 6.

Este reglamento no limita el derecho de persona alguna de contratar los servicios de terceros para cumplir con un manejo correcto de estos desechos.

* Fuente: Registro Oficial N° 106 de 10 de enero de 1997.

Artículo 7.

La responsabilidad de los establecimientos de salud, se inicia en la generación y termina en la disposición final. Esta responsabilidad continúa aún cuando estos desechos hayan sido manejados por terceros.

CAPÍTULO II. De los objetivos

Objetivo general

Artículo 8.

Dotar a las instituciones de salud del país de un documento oficial que dentro de un marco legal, norme el manejo técnico y eficiente de los desechos sólidos, para reducir los riesgos para la salud de los trabajadores y pacientes y evitar la contaminación ambiental.

Objetivos específicos

Artículo 9.

Son objetivos específicos los siguientes:

- a) Definir las responsabilidades de los establecimientos de salud, en relación al manejo de los desechos sólidos.
- b) Establecer normas y procedimientos para las etapas de clasificación y separación en el lugar de origen, recolección interna, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los desechos.
- c) Evitar las lesiones y reducir la incidencia de las enfermedades ocasionadas por la exposición a sangre, fluidos corporales y demás desechos contaminados en los trabajadores del sector salud.
- d) Desarrollar técnicas y métodos de limpieza y desinfección con productos que no afecten el medio ambiente laboral y disminuyan la contaminación ambiental externa.
- e) Reducir el reciclaje de desechos dentro de los establecimientos de salud.
- f) Establecer y garantizar el funcionamiento del Comité de Manejo de Desechos en cada establecimiento de salud.

CAPÍTULO III. De la clasificación de los desechos

Artículo 10.

Para efectos del presente reglamento los desechos producidos en los establecimientos de salud se clasifican en:

- a) Desechos generales o comunes.
- b) Desechos infecciosos.
- c) Desechos especiales.

a) "Desechos generales": son aquellos que no representan un riesgo adicional para la salud humana, animal o el medio ambiente y que no requieren de un manejo especial. Ejemplo: papel, cartón, plástico, desechos de alimentos, etc.

b) "Desechos infecciosos": son aquellos que tienen gérmenes patógenos que implican un riesgo inmediato o potencial para la salud humana y que no han recibido un tratamiento previo antes de ser eliminados, incluyen:

b)1 Cultivos de agentes infecciosos y desechos de producción biológica, vacunas vencidas o inutilizadas, cajas de Petri, placas de frotis y todos los instrumentos usados para manipular, mezclar o inocular microorganismos.

b)2 Desechos anatómo-patológicos humanos: órganos, tejidos, partes corporales que han sido extraídas mediante cirugía, autopsia u otro procedimiento médico.

b)3 Sangre y derivados: sangre de pacientes, suero, plasma u otros componentes, insumos usados para administrar sangre, para tomar muestras de laboratorio y pintas de sangre que no han sido utilizadas.

b)4 Objetos cortopunzantes que han sido usados en el cuidado de seres humanos o animales, en la investigación o en laboratorios farmacológicos, tales como hojas de bisturí, hojas de afeitar, catéteres con aguja, agujas hipodérmicas, agujas de sutura, pipetas de Pasteur y otros objetos de vidrio y cortopunzantes desechados, que han estado en contacto con agentes infecciosos o que se han roto.

b)5 Desechos de salas de aislamiento, desechos biológicos y materiales descartables contaminados con sangre, exudados, secreciones de personas que fueron aisladas para proteger a otras de enfermedades infectocontagiosas, y residuos de alimentos provenientes de pacientes en aislamiento.

b)6 Desechos de animales: cadáveres o partes de cuerpo de animales contaminados, o que han estado expuestos a agentes infecciosos en laboratorios de experimentación de productos biológicos y farmacéuticos, y en clínicas veterinarias.

c) "Desechos especiales": generados en los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento, que por sus características físico-químicas, representan un riesgo o peligro potencial para los seres humanos, animales o medio ambiente y son los siguientes:

c)1 "Desechos químicos peligrosos": sustancias o productos químicos con características tóxicas, corrosivas, inflamables y/o explosivas.

c)2 "Desechos radioactivos": aquellos que contienen uno o varios núclidos que emiten espontáneamente partículas o radiación electromagnética, o que se fusionan espontáneamente. Proviene de laboratorios de análisis químico, servicios de medicina nuclear y radiología.

c)3 "Desechos farmacéuticos": medicamentos caducados, residuos, drogas citotóxicas (mutagénicas, teratogénicas), etc.

CAPÍTULO IV.

De la generación y separación

Artículo 11.

Se establecerán indicadores de generación de los desechos sólidos: Kilogramo por cama de hospitalización ocupada por día y kilogramo de desechos sólidos por consulta y por día.

Artículo 12.

Los desechos deben ser clasificados y separados inmediatamente después de su generación, en el mismo lugar en el que se originan.

Artículo 13.

Los objetos cortopunzantes deberán ser colocados en recipientes a prueba de perforaciones. Podrán usarse equipos específicos de recolección y destrucción de agujas.

Artículo 14.

Los desechos líquidos o semilíquidos especiales serán colocados en recipientes resistentes y con tapa hermética.

Artículo 15.

Los residuos sólidos de vidrio, papel, cartón, madera, plásticos y otros materiales reciclables, de características no patógenas, serán empacados para su comercialización y enviados al área de almacenamiento terciario.

Artículo 16.

Los desechos infecciosos y especiales serán colocados en funda plástica de color rojo. Algunos serán sometidos a tratamiento en el mismo lugar de origen. Deberán ser manejados con guantes y equipo de protección.

Artículo 17.

Los desechos generales irán en funda plástica de color negro.

Artículo 18.

Se dispondrá de drenajes apropiados, capaces de asegurar la eliminación efectiva de todos los desechos líquidos, con sifones hidráulicos para evitar inundaciones o emanaciones de olores desagradables.

Artículo 19.

Todos los profesionales, técnicos, auxiliares y personal de cada uno de los servicios son responsables de la separación y depósito de los desechos en los recipientes específicos.

CAPÍTULO V.

Del almacenamiento y de las características de los recipientes

Artículo 20.

De acuerdo al nivel de complejidad habrán los siguientes sitios de almacenamiento:

"Almacenamiento primario": es el que se efectúa en el lugar de origen, y representa la primera etapa de un proceso secuencial de operaciones.

"Almacenamiento secundario": es aquel que se lo realiza en pequeños centros de acopio temporales, distribuidos estratégicamente en los pisos o unidades de servicio.

"Almacenamiento terciario": es el acopio de todos los desechos de la institución, que permanecerán temporalmente en un lugar accesible sólo para el personal de los servicios de salud, hasta que sean transportados por el carro recolector del municipio.

Artículo 21.

Todas las áreas de almacenamiento secundario y terciario deberán tener buena iluminación y ventilación, pisos y paredes lisas, instalaciones de agua fría y caliente para llevar a cabo operaciones de limpieza diaria, un desagüe apropiado para un drenaje fluido. La puerta deberá permanecer cerrada bajo llave, para garantizar la protección e integridad de los recipientes y el acceso exclusivo del personal autorizado.

Artículo 22.

Las áreas de almacenamiento secundario y terciario, contarán cada una con dos recipientes de las características señaladas en el artículo 26, uno para desechos generales y otro para desechos infecciosos y especiales.

Artículo 23.

Los contenedores para el almacenamiento secundario y terciario, no podrán salir de su área, excepto el tiempo destinado a limpieza y desinfección.

Artículo 24.

Todas las áreas deben contar con suficiente cantidad de recipientes reutilizables para el almacenamiento tanto de los desechos comunes como de los infecciosos. Cumplirán con las especificaciones técnicas de acuerdo al lugar en que se los ubique.

La capacidad será de aproximadamente 30 litros

para el almacenamiento primario y 100 litros para el secundario.

En el almacenamiento terciario se usarán recipientes de 500 litros de acuerdo a las normas que fije el municipio o la institución recolectora final de los desechos.

Artículo 25.

Los recipientes destinados para almacenamiento temporal de desechos radioactivos, deberán ser de color amarillo y de un volumen no superior a 80 litros y con características definidas por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica.

Artículo 26.

Los recipientes desechables (fundas plásticas) deben tener las siguientes características:

- a) Espesor y resistencia, más de 35 micrómetros (0.035 mm) para volúmenes de 30 litros, 60 micrómetros para los de mayor tamaño y en casos especiales se usarán los de 120 micrómetros.
- b) Material: opaco para impedir la visibilidad. Algunos requerirán características especiales debiendo desechárselas conjuntamente con los residuos que contengan.

Artículo 27.

Queda prohibida la utilización de fundas de desechos infecciosos y especiales debiendo desechárselas conjuntamente con los residuos que contengan.

Artículo 28

Los recipientes reutilizables y los desechables deben tener los siguientes colores:

- a) Rojo. Para desechos infecciosos y especiales.
- b) Negro. Para desechos comunes.
- c) Gris. Para depositar material reciclable: papel, cartón, plástico, vidrio, etc. (opcional). Deberán estar correctamente rotulados.

Artículo 29.

Los recipientes para objetos cortopunzantes serán rígidos, resistentes y de materiales como plástico, metal y excepcionalmente cartón. La abertura de ingreso tiene que evitar la introducción de las manos. Su capacidad no debe exceder los 6 litros. Su rotulación debe ser: PELIGRO: OBJETOS CORTOPUNZANTES.

Artículo 30.

La vajilla descartable, junto con los alimentos sólidos provenientes de pacientes de salas de aislamiento, deberá disponerse en bolsas de plástico, de color rojo, dentro del recipiente del mismo cuarto, por ningún concepto esos desechos regresarán a la cocina.

CAPÍTULO VI. **De la recolección y transporte interno**

Artículo 31.

Se dispone de dos sistemas de recolección interna de los desechos para transportarlos desde las fuentes de generación hasta los sitios de almacenamiento:

- a) Manual. Para unidades médicas de menos complejidad, tales como: consultorios médicos, odontológicos, laboratorios clínicos, de patología, etc.
- b) Mecánico. Mediante el uso de carros transportadores de distinto tipo, que no podrán ser utilizados para otro fin.

Artículo 32.

No deben usarse ductos internos para la evacuación de desechos o material contaminado. En caso de existir, deben clausurarse ya que a través de ellos se pueden diseminar gérmenes patógenos o sustancias tóxicas.

Artículo 33.

Se elaborará un programa de recolección y transporte que incluya rutas, frecuencias y horarios para evitar interferencias con el transporte de alimentos y materiales y con el resto de actividades de los servicios de salud.

Artículo 34.

Los empleados de limpieza serán los encargados de recolectar los desechos, debidamente clasificados y transportados desde los sitios de almacenamiento primario al almacenamiento secundario y posteriormente al terciario.

Este personal será responsable de la limpieza y desinfección de los contenedores.

Artículo 35.

Los empleados que transportan los desechos deben comprobar que las fundas desechables estén adecuadamente cerradas. Transportarán la carga por las rutas establecidas y utilizarán el equipo de protección personal.

Artículo 36.

Las instituciones de salud pueden establecer una norma para recolectar materiales potencialmente reciclables, considerando que no representan riesgo alguno para las personas que los manipulen ni para los usuarios.

Artículo 37.

El personal de limpieza será responsable de mantener los carros transportadores en buenas condiciones y efectuarán la limpieza y desinfección de los mismos.

CAPÍTULO VII. Del tratamiento de los desechos infecciosos

Artículo 38.

El tratamiento de los desechos infecciosos y especiales deberá ejecutarse en dos niveles: primario y secundario.

Artículo 39.

"Tratamiento primario": se refiere a la inactivación de la carga contaminante bacteriana y/o viral en la fuente generadora. Podrá realizarse a través de los siguientes métodos:

- "Esterilización (autoclave)": mediante la combinación de calor y presión proporcionada por el vapor de agua, en un tiempo determinado.
- "Desinfección química": mediante el contacto de los desechos con productos químicos específicos.

En ocasiones será necesario triturar los desechos para someterlos a un tratamiento posterior o, como en el caso de alimentos, para eliminarlos por el alcantarillado.

Artículo 40.

Los residuos de alimentos de pacientes de salas de aislamiento, se someterán a inactivación química, para luego ser triturados, incinerados o evacuados por el sistema de alcantarillado.

Artículo 41.

"Tratamiento secundario": se ejecutará en dos niveles: *in situ* y externo.

- In situ*, se ejecutará dentro de la institución de salud cuando esta posea un sistema aprobado de tratamiento (incineración, microondas, vapor), después de concentrar todos los desechos sólidos sujetos a desinfección y antes de ser recolectados por el vehículo municipal. En este caso se podrá suprimir el tratamiento primario siempre que se ejecuten normas técnicas de seguridad en la separación, recolección y transporte.
- Externo, se ejecutará fuera de la institución de salud a través de la centralización o subrogación del servicio, mediante los métodos antes señalados.

Artículo 42.

Incineración. Este procedimiento se utilizará, siempre y cuando el incinerador cumpla con las normas técnicas de seguridad para evitar los riesgos de salud a pacientes, trabajadores y población en general por la producción de elementos tóxicos y cancerígenos.

Artículo 43.

El incinerador no deberá situarse en las inmediaciones de:

- áreas de consumo, preparación y almacenamiento de alimentos;
- bodegas de ropa limpia, fármacos o equipos médicos.

El hospital llevará un control en el que se registrará la fecha, hora, material incinerado y combustible consumido.

Los residuos de la incineración, deben ser considerados como desechos peligrosos y por tanto requieren una celda especial en el relleno sanitario.

CAPÍTULO VIII. Del tratamiento de los desechos radioactivos

Artículo 44.

Los desechos radioactivos deberán ser sometidos a tratamientos específicos según las normas de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, antes de ser dispuestos en rellenos de seguridad y confinamiento.

Artículo 45.

Los desechos radioactivos con actividades medias o altas, deberán ser acondicionados en depósitos de decaimiento, hasta que su actividad se encuentre dentro de los límites permitidos para su eliminación. Estos depósitos serán exclusivos y tendrán acceso restringido.

Artículo 46.

Los artículos contaminados con desechos radioactivos, antes de ser rehusados, deberán ser almacenados en contenedores adecuados, debidamente etiquetados, hasta que la contaminación decaiga a niveles aceptables (0.1 microcurie/cm²) (3,7 kilo Bequerelios/cm²).

Artículo 47.

Los desechos radioactivos, tales como: papel contaminado, vasos plásticos y materiales similares donde la actividad no exceda de 3,7 kilo/Bequerelios por artículo, pueden ser dispuestos en una funda plástica de color negro, como basura común.

Artículo 48.

Las agujas hipodérmicas, jeringuillas y puntas de pipetas, descartables, serán almacenadas en un recipiente de plástico duro o de metal con tapa para permitir el decaimiento de cualquier residuo de actividad, previo a su disposición. Una vez que el material decaiga a niveles inferiores a 3,7 Kilo/Bequerelios, se procederá a retirar toda etiqueta que indique su condición anterior. Restos de animales usados en investigaciones, que contengan

Apéndice B



ERECOS

empresa de refractarios colombianos s.a.

CONCRETOS REFRACTARIOS SILICO - ALUMINOSOS

CONCRAX 1500

Clasificación NTC - 814 , ASTM C - 401	Clase D	
Análisis Químico %		
Al ₂ O ₃		49.5
SiO ₂		39.0
Fe ₂ O ₃		1.3
TiO ₂		2.0
CaO		7.5
MgO		0.3
Álcalis		0.4
Cono Pirométrico Equivalente (PCE)		32
Temperatura equivalente °C NTC - 706 , ASTM C-24		1717
Máxima temperatura de servicio recomendada °C		1540
Máximo tamaño de grano mm		5
Material seco requerido por metro cúbico kg		2000 - 2100
Agua de preparación cm ³ de agua/kg de material seco NTC - 988 , ASTM C - 860		120 - 135
Densidad volumétrica °C - g/cm ³ ASTM C - 134	110 1000 1260 1370 1480	2.00 - 2.10 1.80 - 1.85 1.85 - 1.90 1.85 - 1.90 1.95 - 2.00
Módulo de ruptura en frío °C - Mpa (kg/cm ²) NTC - 988 , ASTM C-133	110 1000 1260 1370 1480	5.0 - 8.0 (50 - 80) 1.5 - 2.5 (15 - 25) 4.0 - 6.0 (40 - 60) 12.0 - 14.0 (120 - 140) 14.0 - 15.0 (140 - 150)



LADRILLOS REFRACTARIOS AISLANTES

UA - 23

Clasificación	Aislante Grupo 23
NTC -815, ASTM C-155	
Análisis Químico %	
Al ₂ O ₃	36.0
SiO ₂	59.0
Fe ₂ O ₃	1.0
TiO ₂	1.0
CaO	0.3
MgO	0.4
Álcalis	1.8
Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	32
Temperatura Equivalente (°C)	1717
NTC -706, ASTM C-24	
Porosidad Aparente (%)	70.0 - 74.0
ASTM C-20	
Densidad volumétrica (g/cm ³)	0.63 - 0.73
ASTM C-134	
Resistencia a la compresión en frío. Mpa (kg/cm ²)	1.0 - 3.0 (10 - 30)
NTC -682, ASTM C-133	
Módulo de ruptura en frío. Mpa (kg/cm ²)	0.6 - 1.5 (6 - 15)
NTC -682, ASTM C-133	
Cambio lineal permanente (°C - %)	1230 0.0 - 0.2C
1230 0.0 - 0.2C	1400 0.8C -1.5C
Conductividad térmica, a temperatura media, (°C- kcal/m hr K)	545 0.274
ASTM C-201	824 0.315
	973 0.345

Los datos anteriores se basan en los resultados promedios de las pruebas de control sobre lotes de producción industrial de ladrillos normales prensados de 9" utilizando los procedimientos descritos en las Normas Técnicas Colombianas y ASTM donde ellas sean aplicables y no deben emplearse para efectos de especificaciones garantizadas. Pueden presentarse variaciones de los resultados dependiendo del tamaño o forma.
C = Contracción

2003-04-02



LADRILLOS REFRACTARIOS AISLANTES

UA - 26

Clasificación NTC -815, ASTM C-155		Aislante Grupo 26
Análisis Químico %		
Al ₂ O ₃	34.0	
SiO ₂		61.0
Fe ₂ O ₃		1.0
TiO ₂		1.2
CaO		0.3
MgO		0.4
Álcalis		1.8
Cono Pirométrico Equivalente (PCE)		32
Temperatura Equivalente (°C) NTC -706, ASTM C-24		1717
Porosidad Aparente (%) ASTM C-20		66.0 - 71.0
Densidad volumétrica (g/cm ³) ASTM C-134		0.74 - 0.86
Resistencia a la compresión en frío. Mpa (kg/cm ²)		1.5 - 3.5 (15 - 35)
Módulo de ruptura en frío. Mpa (kg/cm ²) NTC -682, ASTM C-133		0.8 - 2.0 (8 - 20)
Cambio lineal permanente (°C - %) NTC -859, ASTM C-210		1230 0.0 - 0.1C 1400 0.5C -1.3C
Conductividad térmica, a temperatura media, (°C- kcal/m hr K) ASTM C-201		819 0.274 1060 0.413

Los datos anteriores se basan en los resultados promedios de las pruebas de control sobre lotes de producción industrial de ladrillos normales prensados de 9" utilizando los procedimientos descritos en las Normas Técnicas Colombianas y ASTM donde ellas sean aplicables y no deben emplearse para efectos de especificaciones garantizadas. Pueden presentarse variaciones de los resultados dependiendo del tamaño o forma.
C = Contracción

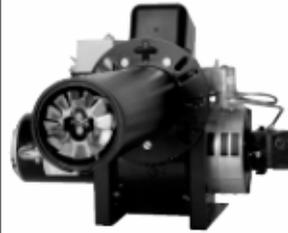
2003-04-02



801 GLASGOW AVE.
FORT WAYNE, IN 46803

MODEL FH OIL BURNERS

Publication Date 1/15/01 Revision 06
Manual 21827-001 U.S. Patent No. 4,388,064



⚠ WARNING

ELECTRIC SHOCK HAZARD

HIGH VOLTAGES ARE PRESENT IN THIS EQUIPMENT. FOLLOW THESE RULES TO AVOID ELECTRIC SHOCK.

- ▲ Use only a properly grounded circuit. A ground fault interrupter is recommended.
- ▲ Do not spray water directly on burner.
- ▲ Turn off power before servicing.
- ▲ Read the owner's manual before using.



⚠ WARNING

OVERHEATING HAZARD

SHOULD OVERHEATING OCCUR:

- ▲ Shut off the manual oil valve to the appliance.
- ▲ Do not shut off the control switch to the pump or blower.

⚠ WARNING

NEVER ATTEMPT TO USE GASOLINE AS A FUEL FOR THIS BURNER, AS IT IS MORE COMBUSTIBLE AND COULD RESULT IN A SERIOUS EXPLOSION.

SPECIFICATIONS

FOR YOUR SAFETY

DO NOT STORE OR USE GASOLINE OR OTHER FLAMMABLE VAPORS AND LIQUIDS IN THE VICINITY OF THIS OR ANY OTHER APPLIANCE.

FUELS

Use No. 1 or No. 2 heating oil (ASTM D-396) only.

- * NEVER burn garbage or refuse in the heating unit.
- * NEVER try to ignite oil by tossing burning paper or other material into the heating unit
- * NEVER burn waste or crankcase oil in the heating unit.

FIRING CAPACITIES - MODEL EH

4.00 to 13.00 GALLONS PER HOUR
560,000 TO 1,820,000 BTU/HR INPUT

DIMENSIONS (STANDARD)

HEIGHT.....16"
WIDTH22 1/2"
DEPTH.....12"
CENTER LINE
OF TUBE TO FLOOR.....9 1/2"

FUEL UNIT

Suntec

MOUNTING

Adjustable Flange or Base Mount

ELECTRICAL

Power Supply.....115V / 60HZ / 1 PH
Motor.....3450 RPM, N.E.M.A. Flange, Manual Reset Overload Protection
Ignition.....10,000V / 23MA secondary, Continuous Duty-Shielded Interrupted

INSTALLATION OF BURNER

INSTALLATION OF THE BURNER MUST BE DONE BY A QUALIFIED INSTALLER IN ACCORDANCE WITH REGULATIONS OF THE NATIONAL FIRE PROTECTION STANDARD FOR OIL-BURNING EQUIPMENT, NFPA NO. 31, AND IN COMPLETE ACCORDANCE WITH ALL LOCAL CODES AND AUTHORITIES HAVING JURISDICTION.

A QUALIFIED INSTALLER IS THE PERSON WHO IS RESPONSIBLE FOR THE INSTALLATION AND ADJUSTMENT OF THE EQUIPMENT AND WHO IS LICENSED TO INSTALL OIL-BURNING EQUIPMENT IN ACCORDANCE WITH ALL CODES AND ORDINANCES.

THESE INSTRUCTIONS SHOULD BE AFFIXED TO THE BURNER
OR ADJACENT TO THE HEATING APPLIANCE.

APENDICE C

CONTRALORIA GENERAL DEL ESTADO
DIRECCION DE CONTRATACION PUBLICA

DE 11 DE MARZO AL -----> DEL

REAJUSTE DE PRECIOS

(SALARIOS EN

CATEGORIAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DECIMO TERCER	DECIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERV.	1 MI
REMUNERACION BASICA UNIFICADA MINIM CONSTRUCCION Y SERVICIOS TECNICO	135.62						
PRIMERA CATEGORIA							
Peon	151.73	151.73	150.00		221.22	151.73	:
SEGUNDA CATEGORIA							
Guardian	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de albañil	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de operador de equipo	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de fierro	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de carpintero	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de encofrador	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de carpintero de ribera	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de plomero	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de electricista	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Ayudante de instalador de revestimiento en general	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
Machetero	153.81	153.81	150.00		224.25	153.81	:
TERCERA CATEGORIA							
Albañil	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Operador de equipo liviano	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Pintor	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Fierro	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Carpintero	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Encofrador	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Carpintero de ribera	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Plomero	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Electricista	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Instalador de revestimiento en general	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Ayudante de perforador	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Cadenero	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Mampostero	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Enlucidor	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
Hojalatero	155.38	155.38	150.00		226.54	155.38	:
CUARTA CATEGORIA							
Maestro soldador especializado	158.51	158.51	150.00		231.11	158.51	:
Maestro electricista especializado	158.51	158.51	150.00		231.11	158.51	:
Maestro de obra	158.51	158.51	150.00		231.11	158.51	:
Maestro plomero	158.51	158.51	150.00		231.11	158.51	:
Perforador	158.51	158.51	150.00		231.11	158.51	:
Perfilero	158.51	158.51	150.00		231.11	158.51	:
QUINTA CATEGORIA							
Maestro electronico especializado	158.85	158.85	150.00		231.60	158.85	:
Inspector de obra	159.38	159.38	150.00		232.38	159.38	:
Operador de planta de hormigon	159.38	159.38	150.00		232.38	159.38	:
Maestro de estructura myor SECAP	161.46	161.46	150.00		235.41	161.46	:
Tecnico construcciones de Universidad Popular	163.03	163.03	150.00		237.70	163.03	:

BIBLIOGRAFÍA

1. INCROPERA FRANK, Fundamentos de Transferencia de calor, Cuarta Edición, Editorial Prentice Hall, Mexico, 1999., pag. 377-383, 583-617.
2. WARK KENNETH; WAYNE DAVIS, Air Pollution its origin and control, Third Ediction, Eddison Wesley, USA , 1998, pag. 168-169.
3. MARTINEZ JAVIER MS.c; Guia para la gestion Intergral de residuos Peligrosos Ficha Tematica , Primera Edición , Uruguay 2005, Pag.111-119.
4. NILS R. GRIMA, ROBERT C. ROSALES. Manual de siseño de calefacción, Ventilación y aire acondicionado. Ed (Mc. Graw- Hill, Madrid, 1996). Intercambiadores de calor , pp. 14.1-14.15. Quemadores y sistemas de combustión, pp. 21.2-21.16.
5. EUGENE A. AVALLONE, TEODORO BAUMUSTER LLL. Manual del ingeniero Mecánico. Ed (Mc. Graw- Hill, México , 1999). Combustibles y hornos, pp. 7.59-7.66.

6. BARRIGA (2003). Resumen de visitas técnicas a incineradores.
Guayaquil-Ecuador
7. THE AMERICA CERAMIC SOCIETY BULLETION. Ceramic bulletin. Ed.(
America, N° 11,vol 72,USA ,1993).Ceramic.pp 1-144
8. THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY. Materials and equipment/White
waren. Ed (American,Vol 13, USA, 1992).Material. pp- 18-30.
9. BARRIGA, A , y colectivo de autores, “Proyecto Semilla sobre
Incineradores”, CICYT- ESPOL, 2005.
- 10.BARRIGA, A “ Tecnología de la Combustión”, Notas de Curso, ESPOL.
2004
- 11.VERA JUAN PABLO, Tesis de Graduación, Diseño de un Sistema de
Remoción de Contaminantes del Aire Generados desde un incinerador
de Desechos Hospitalarios, Escuela Superior Politécnica del Litoral,
2005
- 12.BARRIGA, A (colectivo de autores), Evaluación de riesgo ambiental
asociado a emisiones de combustión industrial, articulo presentado a
reunión científica de FUNDACYT, 2005

13. BARRIGA, A (colectivo de autores), "Minimización de Impacto Ambiental en Manejo de Desechos de Centros Hospitalarios", artículo presentado al Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de SENACYT / FUNDACYT, 2005

14. GUÍA SECTORIAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA: Hospitales, Clínicas y Centros de Salud, CNPMLTA de Colombia, www.cnpml.org

15. VERA JUAN PABLO, "Metodología de estimación de dispersión de contaminantes y olores al aire desde chimenea industriales", Revista FIMCP ,Enero 2006, pag.5-13

16. PERALTA JUAN, Aplicación metodología para el modelaje de la dispersión de contaminantes a través de la ecuación de combustión. Revista FIMCP ,Enero 2006, pag.44-51

17. HASBERG, W.. Description of the Residence Time Behaviour and Burnout of PCDD, PCDF and Other High Chlorinated Aromatic Hydrocarbons in Industrial Waste Incineration Plants. 1996 Chemosphere. Vol.19. No.1-6. pag.565-571.

18. PAL ARYA; Air Pollution Meteorology and dispersion; First edition Oxford University Press. 1999