



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

## **“DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS QUÍMICAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN EN LA EMPRESA INCINEROX”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Trabajo de titulación para optar por el título de:

**INGENIERO QUIMICO**

**AUTOR: BYRON PATRICIO PINO ACOSTA**

**TUTOR: ING. PAUL GUSTAVO PALMAY PAREDES**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2017**

©2017, Byron Patricio Pino Acosta

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que, el Trabajo Técnico de Titulación: **“DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN EN LA EMPRESA INCINEROX”** de responsabilidad del señor Byron Patricio Pino Acosta con número de C.I: 060442064-6, ha sido revisado minuciosamente por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación quedando autorizada la presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Paúl Palmay <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	.....	.....
Dr. Gerardo León <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....

Yo, Byron Patricio Pino Acosta soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Byron Patricio Pino Acosta

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Byron Patricio Pino Acosta, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

Byron Patricio Pino Acosta

C.I: 060442064-6

## **DEDICATORIA**

A mi familia por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, en especial a mis padres por darme los recursos necesarios para estudiar, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Byron

## **AGRADECIMIENTO**

Primero y como más importante agradezco a mi familia que ha sido el pilar fundamental para mi desarrollo en la vida, por sus consejos, enseñanzas y motivación para siempre seguir adelante. En especial a mi padre y madre que son los que me enseñaron sus valores, persistencia, paciencia y manera de trabajar que han sido fundamentales para mi formación.

Al Ing. Paúl Palmay por su colaboración y su constante ayuda con el aporte de conocimientos para la elaboración del proyecto.

A mis profesores que han sido los que me han infundido conocimientos necesarios para poder insertarme en el mundo laboral además de guiarme durante toda mi vida universitaria.

A la Ing. Mónica Andrade por su aporte de conocimientos que ayudaron en la elaboración del proyecto.

Byron

## TABLA DE CONTENIDO

	Pp.
RESUMEN.....	xiv
SUMARY .....	XV
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Identificación del Problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto .....	1
1.3 Línea de base del Proyecto .....	2
1.3.1 Condición actual del equipo de Incineración .....	2
1.3.2 Recolección de información .....	3
1.3.3 Procedimientos para la recolección de información .....	3
1.3.4 Análisis de muestras.....	3
1.3.4.1 Caracterización de muestra solida (desechos peligrosos).....	3
1.3.4.2 Caracterización de muestra liquida (agua de evaporización).....	4
1.4 Métodos y técnicas.....	4
1.4.1 Métodos.....	4
1.4.1.1 Método para determinación de poder calorífico .....	5
1.4.1.2 Método de muestreo TESTO (sensores electroquímicos).....	7
1.4.2 Técnicas.....	9
1.4.3 Análisis .....	9
1.4.3.1 Análisis de muestra sólida (desechos peligros) .....	9
1.4.3.3 Análisis de emisiones gaseosas hacia la atmósfera .....	10
1.5 Recopilación de Información.....	10
1.5.1 Registro de Poder calorífico.....	11
1.5.2 Hoja de Cálculo de poder calorífico .....	12
1.5.3 Grafica de poder calórico.....	12
1.5.4 Elaboración de mezclas de desechos peligrosos (menú de carga).....	13
1.6 Beneficiarios directos e indirectos.....	14
1.6.1 Beneficiarios Directos: .....	14
1.6.2 Beneficiarios Indirectos:.....	14
<b>CAPITULO II</b>	
<b>2. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>15</b>



<b>2.1</b>	<b>Objetivo General .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO III</b>		
<b>3.</b>	<b>ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Localización del proyecto .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Macro Localización.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Micro Localización .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Ingeniería del Proyecto .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Generalidades del Proceso de Incineración.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.1.1</b>	<i>Factores que determinan la eficiencia de la incineración.....</i>	<i>17</i>
<b>3.2.2</b>	<b>Incineración de desechos industriales.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2.1</b>	<i>Desechos Peligrosos .....</i>	<i>20</i>
<b>3.2.3</b>	<b>Combustibles y Combustión.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.3.1</b>	<i>Combustible .....</i>	<i>21</i>
<b>3.2.3.2</b>	<i>Combustión .....</i>	<i>22</i>
<b>3.2.4</b>	<b>Poder Calorífico .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.4.1</b>	<i>Poder calorífico Superior .....</i>	<i>22</i>
<b>3.2.4.2</b>	<i>Poder calorífico Inferior.....</i>	<i>22</i>
<b>3.2.4.3</b>	<i>Relación de Poder calorífico inferior y superior.....</i>	<i>22</i>
<b>3.2.5</b>	<b>Determinación de Poder calorífico.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.5.1</b>	<i>Cálculo del poder calorífico de muestras de desechos peligrosos .....</i>	<i>24</i>
<b>3.2.6</b>	<b>Almacenamiento y Manejo de desechos peligrosos .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.6.1</b>	<i>Descripción del Manejo de Desechos Peligrosos.....</i>	<i>26</i>
<b>3.2.6.2</b>	<i>Medidas de seguridad .....</i>	<i>28</i>
<b>3.2.7</b>	<b>Descripción y desarrollo de pruebas.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.7.1</b>	<i>Prueba en blanco .....</i>	<i>29</i>
<b>3.2.7.2</b>	<i>Prueba con subrogados.....</i>	<i>30</i>
<b>3.2.7.3</b>	<i>Prueba con desechos peligrosos al 85% y 100% de su capacidad.....</i>	<i>30</i>
<b>3.2.8</b>	<b>Balance de Materia y Energía .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.8.1</b>	<i>Cálculo del Balance de Masa .....</i>	<i>33</i>
<b>3.2.8.2</b>	<i>Cálculo del Balance de Energía .....</i>	<i>35</i>
<b>3.2.8.3</b>	<i>Cálculo Potencia del equipo .....</i>	<i>37</i>
<b>3.2.9</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.9.1</b>	<i>Diccionario de Poder Calorífico .....</i>	<i>37</i>

3.2.9.2	<i>Resultados de laboratorio</i> .....	39
3.2.9.3	<i>Resultados de Balances de masa y energía</i> .....	40
<b>3.3</b>	<b>Proceso de aplicación del protocolo de pruebas</b> .....	<b>41</b>
<b>3.4</b>	<b>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</b> .....	<b>42</b>
<b>3.5</b>	<b>Análisis de Costo/beneficio del proyecto</b> .....	<b>44</b>
3.5.1	<i>Análisis Cualitativo</i> .....	44
3.5.2	<i>Análisis Cuantitativo</i> .....	44
3.5.2.1	<i>Inversión</i> .....	44
3.5.2.3	<i>Determinación de la Tasa Interna de Retorno</i> .....	46
<b>3.6</b>	<b>Análisis y discusión de resultados</b> .....	<b>47</b>
<b>3.7</b>	<b>Cronograma de ejecución del proyecto</b> .....	<b>49</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>52</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pp.</b>
<b>Tabla 1-1:</b> Parámetros físico-químicos desechos peligrosos sólidos .....	3
<b>Tabla 2-1:</b> Parámetros físico-químicos desechos peligrosos líquidos.....	4
<b>Tabla 3-1:</b> Parámetros de análisis de menú de carga .....	9
<b>Tabla 4-1:</b> Parámetros análisis agua de evaporación .....	9
<b>Tabla 5-1:</b> Límites máximos esperados de emisiones gaseosas.....	10
<b>Tabla 6-1:</b> Métodos de análisis de emisiones gaseosas.....	10
<b>Tabla 7-1:</b> Hoja de registro de datos de poder calórico .....	11
<b>Tabla 8-1:</b> Mezclas de desechos peligrosos .....	13
<b>Tabla 1-3:</b> Calibración Quemador #1.....	29
<b>Tabla 2-3:</b> Calibración Quemador #2.....	30
<b>Tabla 3-3:</b> Menú de Carga (Mezcla de desechos peligrosos) .....	31
<b>Tabla 4-3:</b> Datos de Monitoreo de emisiones gaseosas semestral .....	34
<b>Tabla 5-3:</b> Datos de emisiones gaseosas a la salida de la chimenea .....	34
<b>Tabla 6-3:</b> Datos de entalpías de formación y específicas .....	36
<b>Tabla 7-3:</b> Datos de entalpías de formación y específicas de Dióxido de Azufre .....	36
<b>Tabla 8-3:</b> Flujo molar de sustancias que intervienen en la reacción de combustión .....	37
<b>Tabla 9-3:</b> Diccionario de Poder Calorífico.....	38
<b>Tabla 10-3:</b> Muestra líquida (agua de evaporación) .....	39
<b>Tabla 11-3:</b> Muestra Sólida (menú de carga).....	39
<b>Tabla 12-3:</b> Resultados Generales.....	40
<b>Tabla 13-3:</b> Resultados Balance de masa.....	40
<b>Tabla 14-3:</b> Resultados Balance de energía y Potencia del Incinerador .....	41
<b>Tabla 15-3:</b> Detalle de Procesos a llevar a cabo en Protocolo de Pruebas.....	42
<b>Tabla 16-3:</b> Equipos utilizados para la incineración de desechos.....	43

<b>Tabla 17-3:</b> Equipos de Laboratorio Utilizados .....	43
<b>Tabla 18-3:</b> Detalle de inversión .....	44
<b>Tabla 19-3:</b> Detalle de inversión .....	45
<b>Tabla 20-3:</b> Flujo de Ingresos .....	45
<b>Tabla 21-3:</b> Flujo de Egresos .....	46
<b>Tabla 22-3:</b> Valor Actual Neto.....	46
<b>Tabla 23-3:</b> Tasa interna de Retorno.....	47
<b>Tabla 24-3:</b> Cronograma de actividades, recursos y tiempos a utilizarse en el proyecto .....	49

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pp.</b>
<b>Figura 1-1:</b> Esquema sensor de oxigeno .....	8
<b>Figura 2-1:</b> Esquema sensor de CO y otros gases .....	8
<b>Figura 3-1:</b> Hoja de Cálculo poder calorífico (Excel) .....	12
<b>Figura 4-1:</b> Grafica poder calorífico estandarización .....	12
<b>Figura 1-3:</b> Mapa de macro localización del proyecto.....	16
<b>Figura 2-3:</b> Mapa de micro localización del proyecto .....	17
<b>Figura 3-3:</b> Diagrama de bloques del proceso de incineración.....	19
<b>Figura 4-3:</b> Grupos de desechos que ingresan al proceso de incineración.....	31
<b>Figura 5-3:</b> Diagrama de bloques del proceso de preparación de menú de carga.....	32
<b>Figura 6-3:</b> Esquema Balance de masa .....	33
<b>Figura 7-3:</b> Esquema Balance de energía.....	35
<b>Figura 8-3:</b> Proceso de ejecución del protocolo de pruebas .....	41

## RESUMEN

El objetivo fue diseñar un protocolo de pruebas químicas para el proceso de incineración mediante el análisis de datos de funcionamiento del incinerador en la empresa INCINEROX según el Acuerdo Ministerial 026. La empresa INCINEROX.CIA.LTDA con el fin de mejorar la calidad y optimizar su proceso, se basa en los lineamientos AM 026 del Ministerio del Ambiente (MAE), y uno de los requisitos es la ejecución de un protocolo de pruebas para la modalidad de incineración de desechos peligrosos, por lo que se diseñó un protocolo de pruebas químicas para dicho proceso mediante el análisis de datos de funcionamiento del incinerador, elaborando mezclas de desechos peligrosos hasta alcanzar el menú de carga se registró una estabilidad en la descarga de emisiones gaseosas dando un potencia del incinerador de 2.44 MW, además el manejo de los desechos se simplificó ya que al contar con un menú de carga pre-elaborado la eficiencia del equipo aumenta y contribuye de esta manera a evitar afectaciones al medio ambiente y la salud. Mediante el balance de masa y energía se logró identificar la composición del menú de carga, posteriormente mediante caracterización físico-química ejecutada por un laboratorio acreditado se completó las características del mismo. Antes de la ejecución del protocolo de pruebas se debe tomar en cuenta la calibración del equipo de incineración con base en las buenas prácticas de combustión como son el control de temperatura, tiempos de residencia y turbulencia en cámara y post-cámara.

**Palabras Claves:** <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <GESTIÓN DE RESIDUOS>, <INCINERACIÓN>, <ACUERDO MINISTERIAL 026 (AM 026)>, <PROTOCOLO DE PRUEBAS>, <MENÚ DE CARGA>, <PODER CALORÍFICO>, <EMISIONES GASEOSAS>

## SUMMARY

The purpose was to design a Chemical testing protocol for the incineration process by analyzing the operation data of the incinerator in the company INCINEROX according to The Ministerial Agreement 026. The company INCINEROX. CIA. LTDA in order to improve the quality and optimize its process, is based on the AM026 guidelines of the Ministry of the Environment (MAE), and one of the requirements is the execution of a test protocol for the incineration mode of dangerous garbage, Therefore, a chemical test incinerator. Dangerous garbage mixtures were elaborated until the loading menu was reached. Stability in the discharge of gaseous emissions was registered, giving a power of the incinerator. 2.44 MW, In addition, waste management is simplified since having a pre-prepared loading menu increases the efficiency of the equipment and contributes in this way to avoid environmental and health problems. Through the mass and energy balance we managed to identify the composition of the loading menu, later by physical-chemical characterization carried out by an accredited laboratory, the characteristics of the same were completed. Before the execution of the test protocol, the calibration of the incineration equipment must be taken into account based on good combustion practices such as temperature control, residence times and turbulence in the camera and post-camera.

**Keywords:** <ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <WASTE MANAGEMENT>, <INCINERATION>, <MINISTERIAL AGREEMENT 026 (AM 026)>, <TEST PROTOCOL>, <LOADING MENU>, <CALORIFYNG POWER>, <GASEOUS EMISSIONS>

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Identificación del Problema**

La empresa INCINEROX CIA.LTDA al encontrarse en el proceso de regularización ambiental por parte del Ministerio del Ambiente (MAE) y la Secretaria del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, identificó que no cuenta con la sistematización adecuada del proceso de incineración de residuos especiales o peligrosos, para que pueda cumplir con el protocolo de pruebas bajo los lineamientos del Acuerdo Ministerial 026 del Ministerio del Ambiente.

El incinerador se puso en marcha a inicios del año 2016 y se han realizado constantemente nuevas adecuaciones para mejorar su funcionamiento con el fin de realizar un correcto proceso de incineración y cumpliendo con los parámetros de control en las emisiones gaseosas del incinerador, emisiones que están controladas bajo la Ordenanza 404 resolución 002 de la Secretaria de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito.

#### **1.2 Justificación del proyecto**

INCINEROX CIA. LTDA se ha convertido en una empresa de gran importancia, creciendo continuamente en estos últimos años. Por esta razón el proceso de mejora continua y optimización de procesos de gestión de desechos es determinante para un adecuado manejo de los mismos. En el Centro de Gestión de Desechos INCINEROX planta Barrotieta, es fundamental que el horno incinerador tenga un correcto funcionamiento para así satisfacer la demanda de servicios de sus clientes, como también realizar un proceso que cumpla con los requerimientos del Ministerio del Ambiente para su funcionamiento. Al realizar el adecuado programa para el protocolo de pruebas del proceso de incineración conforme al Acuerdo Ministerial 026, el CGD-BARROTIETA contará con la información requerida por el Ministerio del Ambiente para la obtención de la licencia ambiental para el manejo de desechos peligrosos expedida por la Autoridad Ambiental Nacional.



La importancia de aplicar el protocolo de pruebas al proceso de incineración, radica en la necesidad de obtener un buen funcionamiento del equipo y contar con las mezclas de materiales adecuadas para el ingreso al incinerador, ya que dependerá mucho de esta carga el llegar a cumplir con los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente.

La sistematización adecuada para cumplir con el protocolo de pruebas en el proceso de incineración es factible ya que mediante la recolección de datos se podrá conocer de una mejor manera el funcionamiento de cada sub-sistema del equipo, lo que permitirá identificar los puntos de control que se deben mejorar para poder llegar a cumplir con los parámetros adecuados de emisiones gaseosas de incineradores.

El correcto funcionamiento del proceso de incineración garantiza el cumplimiento de la normativa ambiental necesaria para llevar a cabo sus operaciones, así como la preservación del ambiente y resguardar la salud de los trabajadores como también de la población cercana.

### **1.3 Línea de base del Proyecto**

#### ***1.3.1 Condición actual del equipo de Incineración***

El equipo de Incineración comenzó sus operaciones a inicios del año 2016, dentro de la Planta de Gestión de Desechos- Barrotieta INCINEROX, el área de tratamiento térmico o incineración controlada tiene un área específica, las instalaciones cuentan con tres galpones en los cuales se realizan los diferentes procesos para la gestión o tratamiento de desechos industriales. El galpón número dos corresponde al área para la incineración de desechos industriales. En este se procesan aproximadamente doce toneladas de desechos por día, y la capacidad nominal de fabricación del equipo es de veinte toneladas de desechos por día.

El proceso de tratamiento térmico de desechos peligrosos se encuentra actualmente en proceso de regulación, por lo que no cuenta con un protocolo de pruebas el cual solicita el Ministerio del Ambiente Ecuador como parte para la obtención de la licencia ambiental. Además carece con los lineamientos adecuados para su correcto funcionamiento, por lo cual el protocolo de pruebas será de gran importancia ya que servirá como parte solicitada por la Autoridad Ambiental y ayudará a que el proceso se ejecute siguiendo una serie de lineamientos que servirán para que el equipo sea utilizado de manera óptima.

### **1.3.2 Recolección de información**

El método utilizado para la recolección de información es a través de fichas de observaciones, así como también pruebas o ensayos realizados en el equipo de incineración como son las pruebas en blanco, con subrogados y con desechos peligrosos al 85% y 100% de su capacidad. Hay que tomar en cuenta que la prueba con desechos peligrosos es la que sirve como referencia para cumplir con los límites de emisiones gaseosas a la atmósfera que indica la normativa ambiental vigente.

### **1.3.3 Procedimientos para la recolección de información**

Se desarrolló mezclas con desechos peligrosos (menú de carga) para las cuales se utilizó un registro de cuantificación de cada desecho y así llegar a obtener una mezcla que pueda ser reproducible, estas mezclas se realizaron dentro utilizando el listado de desechos peligrosos según el AM 142. De estas pruebas se llegó a la mezcla adecuada, la cual será la que se utilice en el desarrollo del protocolo de pruebas para el proceso de tratamiento térmico. La emisiones de gases a la atmósfera serán medidas con ayuda del equipo Testo 340 que cuenta con 4 celdas electroquímicas para medición de Oxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Óxidos de Nitrógeno y porcentaje de Oxígeno en exceso.

### **1.3.4 Análisis de muestras**

La caracterización del menú de carga del incinerador se fundamenta en métodos analíticos tanto para la determinación de componentes físicos y químicos. Estos se encuentran establecidos en diferentes métodos. A continuación se especifica los parámetros y métodos de caracterización del menú de carga, así como también de los desechos generados por el proceso de incineración (ceniza y lodos provenientes de lavado de gases).

#### **1.3.4.1 Caracterización de muestra solida (desechos peligrosos)**

**Tabla 1-1:** Parámetros físico-químicos desechos peligrosos sólidos

<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO DE ANÁLISIS (NACIONAL O INTERNACIONAL)</b>	<b>UNIDAD</b>
Densidad Aparente	PEE/CESTTA/135	g/cm <sup>3</sup>
% Humedad	PEE/CESTTA/80 ASTM D4959	%
<b>Mercurio</b>	EPA 3051/ EPA 245.5	mg/Kg

<b>Metales Pesados:</b> Cadmio Talio Antimonio Arsénico Plomo Cromo Cobalto Cobre Manganeso Níquel Vanadio	EPA 3051/ 6010 B	mg/Kg
Poder Calorífico	ASTM D 240	Kcal/kg

**Realizado por:** Pino Byron, 2017

**Fuente:** Laboratorio CESTTA

#### 1.3.4.2 Caracterización de muestra líquida (agua de evaporización)

**Tabla 2-1:** Parámetros físico-químicos desechos peligrosos líquidos

PARAMETROS	MÉTODO DE ANÁLISIS (NACIONAL O INTERNACIONAL)	UNIDAD
Composición química: Azufre	ASTM D 4294	wt%
Gravedad API	ASTM D 4052	°API
Densidad	ASTM D 4052	g/cm <sup>3</sup>
Densidad relativa	ASTM D 4052	N/A
% Humedad	ASTM-4959-07 / MM-S-02	%
Cloro Total	UOP 779	ppm
<b>Metales Pesados:</b> Vanadio, níquel y hierro	ASTM D 5708	ppm
Viscosidad a 40° C	ASTM D 445	mm <sup>2</sup> /s

**Fuente:** Laboratorio CESTTA

**Realizado por:** Pino Byron, 2017

## 1.4 Métodos y técnicas

El proyecto se basa en un estudio analítico-descriptivo ya que se necesita realizar ensayos a nivel de laboratorio, recolectar datos y analizar e interpretar los resultados, para encontrar las condiciones óptimas que nos ayudarán en el diseño del protocolo de pruebas químicas y así mejorar el funcionamiento del equipo de incineración o tratamiento térmico.

### 1.4.1 Métodos

Para la realización del presente proyecto de tipo técnico se considera tres tipos de métodos a utilizarse: inductivo, deductivo y experimental; que permitirán identificar los problemas y dar soluciones que favorezcan a un óptimo proceso de tratamiento térmico para poder llegar a cumplir

con la normativa ambiental vigente mediante el Diseño de un protocolo de pruebas para el proceso de incineración.

➤ **INDUCTIVO**

Este método permite que se obtenga conclusiones generales a partir de premisas particulares, que posibilitarán a través de la observación, el estudio y la experimentación de diversos sucesos reales el proceso de incineración controlada que se ejecuta en la empresa Incinerox Cía. Ltda para el Diseño de un Protocolo de Pruebas Químicas. Aquí se realizará un análisis minucioso con el menú de carga elaborado a base del listado de desechos peligrosos para posteriormente conocer su respectiva caracterización.

➤ **DEDUCTIVO**

Según este método se parte de conocimientos generales y actualizados obtenidos ya observados de cómo se encuentra el proceso actualmente, así como también de los resultados obtenidos de la caracterización del menú de carga (mezcla de desechos peligrosos), para el adecuado Diseño de un Protocolo de Pruebas Químicas en el Proceso de Incineración. Se determinarán las causas de los posibles errores o fallas que se puedan presentar.

➤ **EXPERIMENTAL**

Es un procedimiento que permite llegar a la verdad objetiva, que mediante análisis realizados en el laboratorio por medio de determinados equipos y materiales especializados se establecerán estrategias para el correcto funcionamiento del equipo de incineración, disminuyendo las concentraciones de los principales gases que se emiten a la atmósfera para así llegar a cumplir con la normativa ambiental vigente. De esta manera se establecerán los parámetros con los cuales el equipo de incineración debe trabajar para estar dentro de la norma al realizar el tratamiento térmico de desechos peligrosos que llegan de las diferentes industrias.

*1.4.1.1 Método para determinación de poder calorífico*

El CGD-Barrotieta Incinerox posee un laboratorio que cuenta con una Bomba de Oxígeno PARR el cual se podrá determinar el poder calorífico en base al siguiente procedimiento interno de la empresa:

- a) Seleccionamos la muestra a calcular el poder calorífico
- b) Pesamos el crisol y taramos la balanza para poder pesar la muestra
- c) Pesamos aproximadamente 1 gramo de muestra en el crisol
- d) Cortamos 10 cm de fusible, lo ubicamos en los orificios del soporte y colocamos los seguros para asegurar el fusible
- e) Colocamos el crisol con la muestra en el soporte e introducimos el fusible para que entre en contacto con la muestra tomando en cuenta que este no toque el fondo ni los bordes del crisol
- f) Colocamos el soporte en la cápsula evitando mover la muestra y colocamos el seguro
- g) Cerramos el ducto de aire e inyectamos oxígeno (30 atm) revisando que no existan fugas.
- h) Ingresamos 2000 ml de agua en la cubeta de la bomba calorimétrica, para evitar el desborde de agua al ingresar la cápsula.
- i) Haciendo uso de las pinzas manipulamos la cápsula cuidadosamente y la colocamos dentro de la cubeta de agua de la bomba calorimétrica
- j) Una vez sumergida bajo el agua, colocamos los contactos o transmisores de la unidad de ignición en la cápsula.
- k) Situamos la tapa de la bomba calorimétrica donde se encuentra el sensor de temperatura y el agitador que al ingresar se debe verificar que no exista contacto con la cápsula para su correcto funcionamiento.
- l) Adecuamos la banda en la rueda del agitador y encendemos su fuente de poder.
- m) Esperamos un minuto hasta que la agitación sea uniforme y el agua se homogenice.
- n) Encendemos el termómetro digital y registramos las temperaturas, durante 16 minutos.

**Nota:** Registramos la temperatura cada minuto, hasta llegar al minuto 5 en el cual se presiona el botón de la unidad de ignición y a partir de este minuto se registra las temperaturas cada 15 segundos hasta el minuto 8. Luego se prosigue con el registro de temperatura normalmente cada minuto hasta el minuto 16. Una vez concluidos los 16 minutos procedemos a apagar termómetro digital y la fuente de poder del agitador.

- o) Sacamos con cuidado la tapa de la bomba calorimétrica.
- p) Haciendo uso de las pinzas procedemos a sacar la cápsula
- q) Abrimos el ducto de aire para así eliminar los gases que se han producido.
- r) Para concluir sacamos la muestra y observamos si quedo algún residuo y lo registramos.
- s) Sacamos el fusible sobrante y registramos su tamaño en centímetros (cm)
- t) Calcular el poder calorífico en función de temperatura vs tiempo.

u) Con los datos obtenidos realizar una gráfica de Temperatura vs Tiempo en relación al pre período, ignición y post período.

**Nota:** Se realiza un ensayo con muestra patrón (pastilla de ácido benzoico) de poder calorífico 6360 cal/g para verificar si el equipo se encuentra calibrado.

Haciendo uso de este método interno de la empresa se llevara a cabo la elaboración del diccionario de poder calorífico con la mayor cantidad de desechos peligros según el listado de desechos peligrosos que ingresan al proceso de incineración.

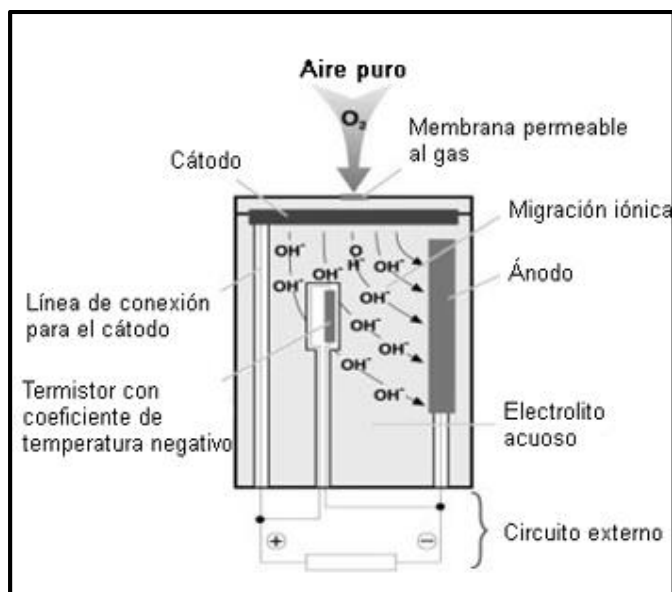
#### 1.4.1.2 Método de muestreo TESTO (sensores electroquímicos)

Los sensores electroquímicos adecuados para determinar el contenido de oxígeno y los constituyentes nocivos del gas tales como CO, SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>, funcionan basándose en el principio de la valoración potenciométrica sensible a los iones. Los sensores están rellenos con un electrolito acuoso, específico para la tarea, en el que están dispuestos dos o tres electrodos, igualmente combinados específicamente, entre los que hay un campo eléctrico. Los sensores están sellados del exterior mediante membranas permeables al gas. El diseño específico y el funcionamiento de los sensores difieren según el componente del gas a medir. (Testo Argentina SA., 2010)

##### ➤ Sensor de oxígeno (sensor de dos electrodos)

Los gases de combustión y las moléculas de oxígeno contenidas en ellos penetran a través de la membrana permeable al gas hasta el cátodo. Debido a su composición material, tiene lugar una reacción química en el cátodo con la formación de iones OH (los iones son partículas cargadas). Estos iones migran al ánodo a través del electrolito, creando un flujo de corriente proporcional a la concentración de O<sub>2</sub>. La caída de tensión desarrollada en una resistencia situada en el circuito sirve luego como señal de medición que se utiliza para el procesado electrónico posterior.

La resistencia incorporada con coeficiente de temperatura negativo (NTC), se usa para compensar los efectos de la temperatura, garantizando así que el sensor permanezca estable frente a los cambios de temperatura. La duración de un sensor de oxígeno de este tipo es de unos 3 años. (Testo Argentina SA., 2010)



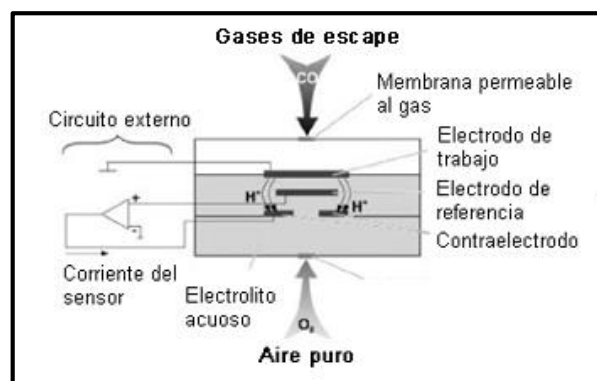
**Figura 1-1:** Esquema sensor de oxígeno

Fuente: (Testo Argentina SA, 2010)

➤ **Sensores para CO, SO2 y NOx (sensor de tres electrodos)**

Para componentes del gas tales como CO, SO2 o NOx, se usan sensores con tres electrodos. El funcionamiento se explica basándonos en un sensor de CO; cómo se aplica esto a los otros componentes se puede ver a partir de las ecuaciones de reacción.

Las moléculas de monóxido de carbono (CO) pasan, a través de la membrana permeable al gas, al electrodo de trabajo donde se forman iones H+ como consecuencia de una reacción química. Estos migran en el campo eléctrico al contra electrodo, donde se genera un flujo de corriente en el circuito externo mediante otra reacción química desencadenada por el oxígeno (O2) del aire puro, también aportado. El tercer electrodo (electrodo de referencia) sirve para estabilizar la señal del sensor. La duración operativa de este tipo de sensor es de unos 2 años. (Testo Argentina SA., 2010)



**Figura 2-1:** Esquema sensor de CO y otros gases

Fuente: (Testo Argentina SA, 2010)

### 1.4.2 Técnicas

Estas técnicas son un conjunto de procedimientos específicos y reglas a seguir, con el objetivo de obtener resultados puntuales y correctos; mismos que se necesitan de habilidades manuales e intelectuales, como el uso de equipos de laboratorio así como la interpretación de resultados.

### 1.4.3 Análisis

Se utilizarán técnicas analíticas para la determinación de parámetros físico-químicos de las muestras a ser alimentadas al proceso de Tratamiento Térmico, para presentar una descripción de los desechos peligrosos a tratar incluyendo composición química, flash point, punto de ebullición, densidad, viscosidad; % de humedad, % de cloro, metales pesados.

#### 1.4.3.1 Análisis de muestra sólida (desechos peligros)

**Tabla 3-1:** Parámetros de análisis de menú de carga

PARAMETROS	EXPRESADO COMO	MÉTODO DE ANÁLISIS
DENSIDAD	g/cm <sup>3</sup>	ASTM 4052
% HUMEDAD	%	ASTM 4928
COLOR TOTAL	%	UOP 779
METALES	-	ASTM 5708
PODER CALORICO	Kcal/Kg	ASTM 240

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: Laboratorio CESTTA., 2017

#### 1.4.3.2 Análisis de muestra líquida (agua de evaporación)

**Tabla 4-1:** Parámetros análisis agua de evaporación

PARAMETROS	EXPRESADO COMO	MÉTODO DE ANÁLISIS
DENSIDAD	g/cm <sup>3</sup>	ASTM 4052
% HUMEDAD	%	ASTM 4928
COLOR TOTAL	%	UOP 779
METALES	-	ASTM 5708
PODER CALORICO	Kcal/Kg	ASTM 240

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: Laboratorio CESTTA., 2017



### 1.4.3.3 Análisis de emisiones gaseosas hacia la atmósfera

Realizados los respectivos análisis físico-químicos de la muestra del menú de carga y obtenidos los resultados de las concentraciones de los principales gases de combustión emitidos hacia a la atmósfera se procedió a la tabulación del mismo para verificar que los parámetros cumplan los límites permisibles de la Ordenanza Municipal 404 resolución 002.

**Tabla 5-1:** Límites máximos esperados de emisiones gaseosas

CONTAMINANTE	UNIDAD	LÍMITE DE EMISIÓN
CO	(mg/Nm <sup>3</sup> )	87
HCl	(mg/Nm <sup>3</sup> )	55
NO <sub>x</sub>	(mg/Nm <sup>3</sup> )	610
SO <sub>2</sub>	(mg/Nm <sup>3</sup> )	109
Material Particulado	(mg/Nm <sup>3</sup> )	55
Arsénico, Selenio, Cobalto, Níquel, Telurio	(mg/Nm <sup>3</sup> )	2
Cadmio y Talio	(mg/Nm <sup>3</sup> )	0,1
Plomo, Antimonio, Cromo Total, Platino, Cobre, Vanadio, Zinc, Estaño, Manganeso, Paladio	(mg/Nm <sup>3</sup> )	3
Mercurio	(mg/Nm <sup>3</sup> )	0,1
Dioxinas y Furanos	(mg/Nm <sup>3</sup> )	11

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: Esquema de Manejo y control de los desechos tóxicos y peligrosos generados en el DMQ., 2017

\*Nota: Todos los valores están reportados para condiciones normales (1013 mbar, base seca, 0 °C y 11 % de O<sub>2</sub>)

**Tabla 6-1:** Métodos de análisis de emisiones gaseosas

PARAMETROS	EXPRESADO COMO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Material particulado		EPA-Parte 60, Apéndice A, Método 5 o 17
Cloruro de hidrogeno	HCl	USEPA- Parte 60, Apéndice, método 26
Fluoruro de hidrógeno	HF	ESEPA-Parte 60, apéndice A, método 26
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	USEPA-Parte 60, apéndice A, método 6 <sup>a</sup> , 6B, 6C
Óxidos de Nitrógeno	NO <sub>x</sub>	USEPA-Parte 60, apéndice A, método 7 <sup>a</sup> , 7B, 7C, 7E
Monóxido de Carbono	CO	USEPA-Parte 60, apéndice A, método 10
Metales Pesados	Suma Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	USEPA-Parte 60, apéndice A, método 29
Dioxinas y Furanos		USEPA-Parte 60, apéndice A, método 23


Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

## 1.5 Recopilación de Información

**1.5.1 Registro de Poder calorífico**

**Tabla 7-1:** Hoja de registro de datos de poder calorífico

 <b>INCINEROX</b> <small>GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS PELIGROSOS</small>		<b>REGISTRO DE PODER CALORÍFICO</b>			
<b>PRUEBA #:</b> _____		<b>PRUEBA #:</b> _____		<b>PRUEBA #:</b> _____	
<b>FECHA:</b> _____		<b>FECHA:</b> _____		<b>FECHA:</b> _____	
<b>Peso (gr)</b> _____		<b>Peso (gr)</b> _____		<b>Peso (gr)</b> _____	
Tiempo	Temperatura °C	Tiempo	Temperatura °C	Tiempo	Temperatura °C
0		0		0	
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
<b>5</b>		<b>5</b>		<b>5</b>	
05:15		05:15		05:15	
05:30		05:30		05:30	
05:45		05:45		05:45	
6		6		6	
06:15		06:15		06:15	
06:30		06:30		06:30	
06:45		06:45		06:45	
7		7		7	
07:15		07:15		07:15	
07:30		07:30		07:30	
07:45		07:45		07:45	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
11		11		11	
12		12		12	
13		13		13	
14		14		14	
15		15		15	
16		16		16	
Realizado por: _____		Realizado por: _____		Realizado por: _____	

**Realizado por:** Pino Byron, 2017  
**Fuente:** INCINEROX CIA.LTDA., 2017

### 1.5.2 Hoja de Cálculo de poder calorífico

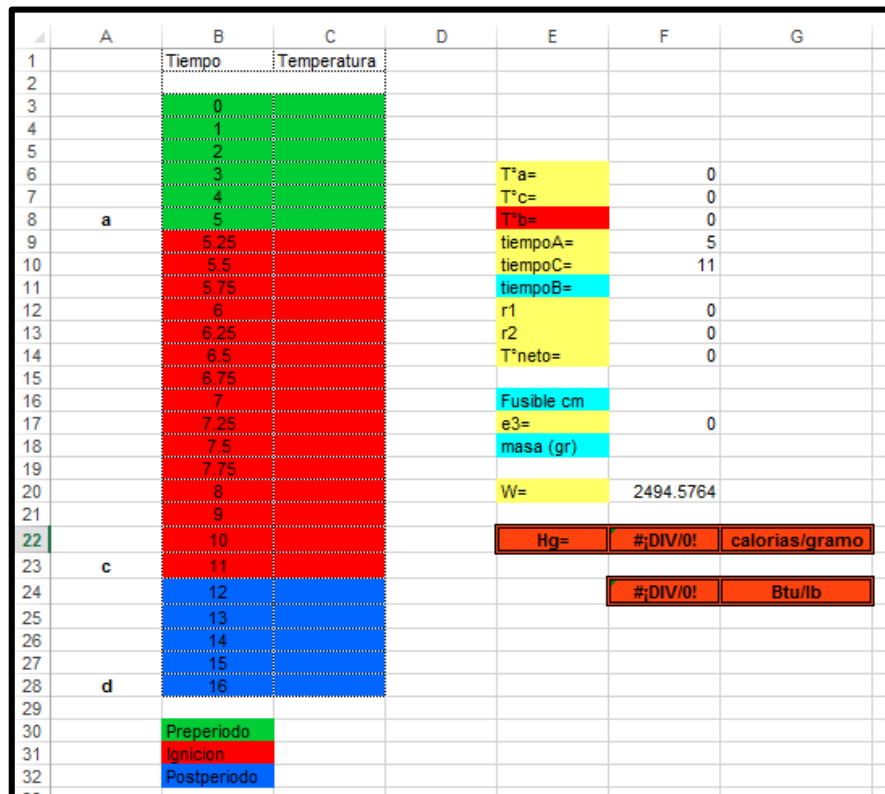


Figura 3-1: Hoja de Cálculo poder calorífico (Excel)  
Realizado por: Pino Byron, 2017

### 1.5.3 Grafica de poder calórico

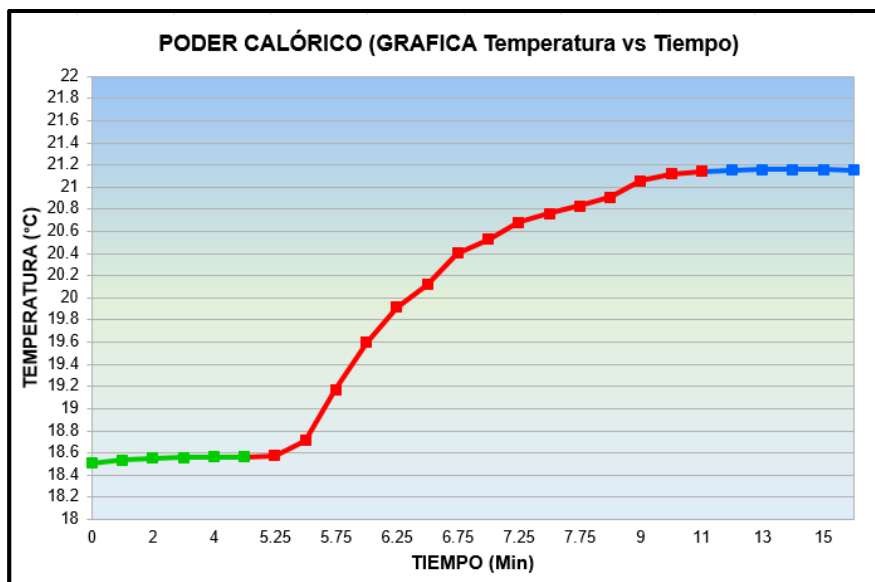


Figura 4-1: Grafica poder calorífico estandarización  
Realizado por: Pino Byron, 2017

1.5.4 Elaboración de mezclas de desechos peligrosos (menú de carga)

Tabla 8-1: Mezclas de desechos peligrosos

FICHA DE OBSERVACION PREPARACION DE MENÚ DE CARGA									
CÓDIGOS MAE	MATERIAL	# MEZCLA	PESO (Kg)	%	Poder calórico (cal/g)	CO (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	NO <sub>x</sub> (ppm)	% O <sub>2</sub>
C.21.03	FRASCOS, PASTILLAS, DUPLEX	MEZCLA 1	326.5	68	3716.9	23	38	37	15.89
NE-43	MATERIAL ADSORBENTE CON S.Q		16	3		56	213	148	11
NE-52	LODOS UNACEM		120	25		87	109	610	OM 404
C.11.01	ESPESANTE QUALA		21	4					
C.11.01	PRODUCTO QUIMICO	MEZCLA 2	28.5	2	4021.1	27	24	52	16.54
C.29.04	LODOS		130.5	8					
NE-49	D. PINTURAS		250	16		76	154	239	11
NE-42	HIDROCARBUROS		489	30					
NE-52	SUELOS CONTAMINADOS		424	26		87	109	610	OM 404
C.21.03	FARMACEUTICOS		130	8					
C.20.06	SOLVENTES ORGANICOS	156	10						
C.11.01	PRODUCTO QUIMICO	MEZCLA 3	25	1	4709	27	24	52	14.5
NE-38	LODOS		149	6					
NE-43	HIDROCARBUROS		644.5	26		52	106	164	11
NE-42	HIDROCARBUROS		65.5	3					
NE-27	HIDROCARBUROS		24.5	1					
NE-52	SUELOS CONTAMINADOS		344	14		87	109	610	OM 404
C.21.03	FARMACEUTICOS		758.4	30					
NE-49	SOLVENTES, D.PINTURA		500	20					
C.11.01	PRODUCTO QUIMICO	MEZCLA 4	25	1	4709	52	18	39	13.48
NE-38	LODOS		149	6					
NE-43, NE-42, NE-27	HIDROCARBUROS		644.5	27		86	68	106	11
NE-52	SUELOS CONTAMINADOS		344	15					
C.21.03	FARMACEUTICOS		758.4	36		87	109	610	OM 404
NE-49	SOLVENTES, D.PINTURA		500	15					

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

**\*Nota:** El cuadro marcado con rojo nos indica la mezcla que será utilizada como menú de carga para el protocolo de pruebas y por lo tanto con la cual se llevaran a cabo los balances de masa y energía.

## **1.6 Beneficiarios directos e indirectos**

### ***1.6.1 Beneficiarios Directos:***

Empresa INCINEROX CIA.LTDA

### ***1.6.2 Beneficiarios Indirectos:***

Pobladores cercanos al CGD-BARROTIETA ubicado en la Troncal Distrital E35 Km. 14 vía Pifo – Sangolquí

## **CAPÍTULO II**

### **2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1 Objetivo General**

- Diseñar un protocolo de pruebas químicas para el proceso de incineración mediante el análisis de datos de funcionamiento del incinerador en la empresa INCINEROX según el Acuerdo Ministerial 026.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diccionario de poder calorífico de diferentes sustancias teniendo como referencia el Acuerdo Ministerial 142 que detalla el listado nacional de sustancias químicas peligrosas, para tener una reseña de ingreso en el menú de carga mezclas de materiales adecuadas al incinerador.
- Cumplir con los límites máximos permisibles para emisiones gaseosas de incineradores establecidos en la resolución 002 de la OM-404 de la Secretaria del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito al momento de realizar las mediciones de emisión de gases en la chimenea.
- Establecer el manejo adecuado de materiales peligros que constituyen el menú de carga para el proceso de incineración de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266:2013.

## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

#### 3.1 Localización del proyecto

##### 3.1.1 *Macro Localización*

El proyecto tendrá lugar en América del Sur, Ecuador, Sierra norte del país, específicamente a nivel de la provincia de Pichincha, Cantón Quito en donde cuenta con un Centro de Gestión de Desechos la empresa INCINEROX.CIA.LDTA.



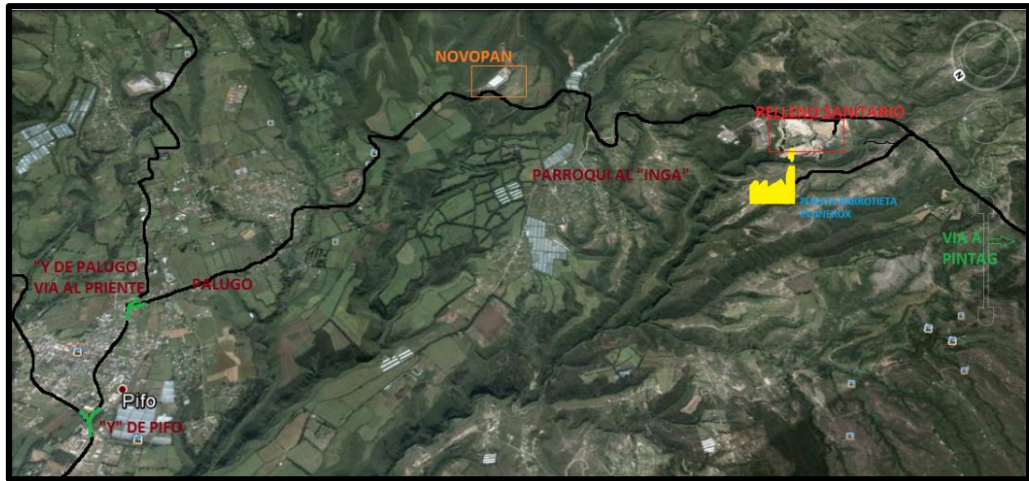
**Figura 1-3:** Mapa de macro localización del proyecto

Realizado por: Pino Byron, 2016

Fuente: (Google Maps. 2016)

##### 3.1.2 *Micro Localización*

El Centro de Gestión de Desechos -Barrotieta INCINEROX previsto para la gestión de desechos industriales se encuentra ubicado en Troncal Distrital E35 Km. 14 vía Pifo – Sangolquí.



**Figura 2-3:** Mapa de micro localización del proyecto  
Fuente: INCINEROX, 2016

## 3.2 Ingeniería del Proyecto

### 3.2.1 Generalidades del Proceso de Incineración

La incineración se desarrolla a temperaturas elevadas, tratándose de un procedimiento de destrucción térmica, que en presencia de oxígeno los residuos son convertidos en gases y cenizas.

Este tipo de tratamiento se aprovecha para determinados propósitos: destrucción de residuos acompañada de una significativa reducción de la masa y el volumen de los mismos, generación de energía e incorporación de materiales a productos industriales. Asimismo, se debe destacar que la incineración también produce emisiones gaseosas conteniendo partículas, gases ácidos y otras sustancias cuya formación dependerá del tipo de residuos que se esté incinerando.

#### 3.2.1.1 Factores que determinan la eficiencia de la incineración

Los tres factores que determinan la eficiencia de la incineración son:

- 1) Temperatura
- 2) Tiempo
- 3) Turbulencia

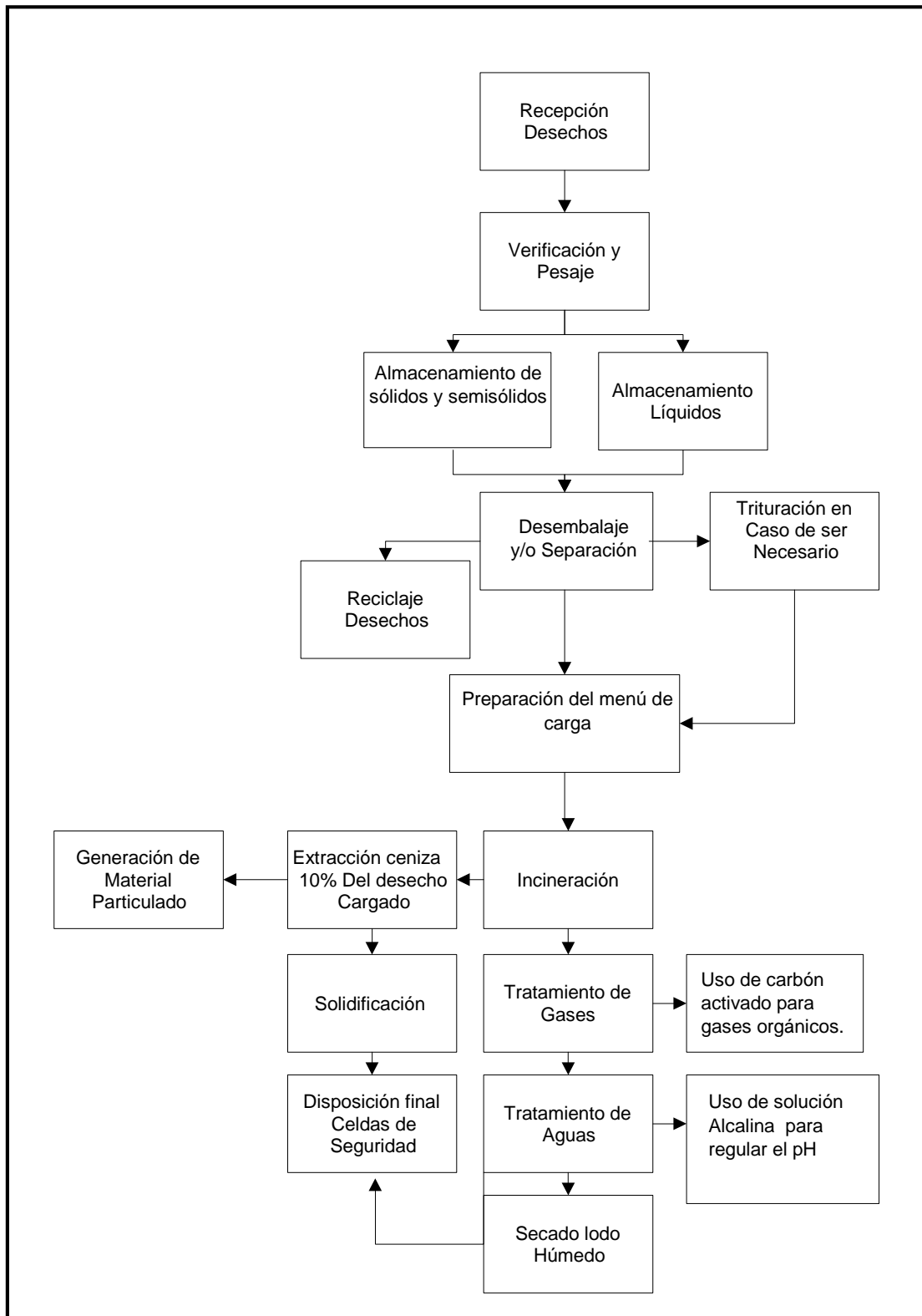


- A mayor temperatura de incineración, mayor será la posibilidad que los gases de descomposición entren en combustión y de esa forma no abandonen los procesos compuestos que pudieran presentar características tóxicas.
- El grado de turbulencia es el que garantiza la mezcla entre los residuos, el aire y el combustible. Cuanto mayor sea la misma, mayor será la posibilidad de destrucción de compuestos en el incinerador.
- Finalmente, la disponibilidad de oxígeno es un factor de importancia ya que permitirá garantizar la oxidación de los compuestos orgánicos como así también la no formación de sub-productos que pudieran resultar tóxicos.

La industria de Gestión de Residuos Peligrosos ha crecido a gran escala en los últimos años por lo que el proceso de incineración controlada de desechos industriales ha experimentado un desarrollo tecnológico, por lo cual es uno de los procesos más importantes en el campo de la gestión de desechos industriales. (INCINEROX., 2016)

“La Incineración de Desechos es un procedimiento que realiza Incinerox en el cual los desechos son manejados adecuadamente, antes de empezar con el procedimiento, existe una clasificación por su composición y naturaleza los cuales son sometidos a altas temperaturas, consta una etapa de enfriamiento (aprovechamiento de calor), etapa de limpieza y neutralización; finalmente un filtro retiene las partículas lo que garantiza la descarga de los gases a la atmósfera evitando así poner en peligro el medio.” (INCINEROX., 2016)

El proceso de incineración de desechos peligrosos y especiales que se realiza en el Centro de Gestión de Desechos Barrotieta INCINEROX se esquematiza en el siguiente diagrama de bloques:



**Figura 3-3:** Diagrama de bloques del proceso de incineración

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

### **3.2.2 Incineración de desechos industriales**

La incineración controlada de desechos industriales es una manera adecuada del tratamiento de residuos generados por las diferentes industrias, además de ser un proceso amigable con el ambiente. La incineración en sí es normalmente solo una parte de un sistema de tratamiento de residuos complejo que en su conjunto, permite la gestión de la amplia gama de residuos que genera la sociedad. (ESPAÑA., 2011)

El objetivo de la incineración de residuos es con el fin de reducir su volumen y peligrosidad, concentrando o destruyendo las sustancias potencialmente nocivas. Los procesos de incineración también pueden ofrecer un medio que permita la recuperación del contenido energético, mineral o químico de los residuos. (ESPAÑA., 2011)

En países como en México la incineración se ofreció como servicio comercial a partir de 1996 donde ya se tenía establecido los requisitos para el manejo de desechos biológico-infecciosos, la infraestructura instalada creció rápidamente, en especial para la incineración de este tipo de residuos, por lo que podemos decir que los primeros incineradores fueron creados solo con fines de destrucción de desechos hospitalarios. (DOMINGUEZ., 2009)

#### **3.2.2.1 Desechos Peligrosos**

Los desechos generados en la Industria son considerados un tipo de residuo producido por la actividad industrial y en su mayoría se los puede considerar como desechos peligrosos que necesitan un tipo de tratamiento especial para así evitar que contaminen el ambiente.

En este contexto, cabe recalcar, que las fuentes de residuos sólidos relacionados con el tema de estudio son fuentes domésticas y comerciales; las fuentes domésticas están constituidas por residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales, cenizas, hojas de la calle, residuos especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos, bienes de línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite, llantas); residuos domésticos peligrosos, entre otros; mientras que las fuentes comerciales generan residuos de: papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales, residuos peligrosos, etc. (TCHOBANOGLIOUS et al., 1994: pp.47-48)

“Residuos peligrosos son aquellos residuos no radiactivos los cuales por razón de su alta toxicidad o reactividad química, explosividad, corrosividad u otra característica peligrosa, causan daño a la salud humana o al ambiente en general, ya sea que se encuentren solos o cuando entren en contacto con otros residuos. Son definidos legalmente como peligrosos en el lugar o lugares donde sean generados, dispuestos o a través de los cuales sean transportados.” (SOTO et al., 1996)

”Son aquellos desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan algún compuesto que tenga características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas, o tóxicas, que represente un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.” (AM MAE 026., 2008)

“Residuos peligrosos son aquellos residuos no radiactivos los cuales por razón de su alta toxicidad o reactividad química, explosividad, corrosividad u otra característica peligrosa, causan daño a la salud humana o al ambiente en general, ya sea que se encuentren solos o cuando entren en contacto con otros residuos. Son definidos legalmente como peligrosos en el lugar o lugares donde sean generados, dispuestos o a través de los cuales sean transportados.” (SOTO et al., 1996)

### **3.2.3 Combustibles y Combustión**

#### **3.2.3.1 Combustible**

“Es considerado como cualquier material que puede quemarse para liberar energía recibe el nombre de combustible. La mayor parte de combustibles conocidos se componen principalmente de hidrógeno y carbono y estos reciben el nombre de combustibles hidrocarburos.” (Cengel y Boles, 2011: p. 772)

La mayor parte de los combustibles hidrocarburos líquidos son una mezcla de numerosos hidrocarburos y se obtienen del petróleo crudo mediante destilación. La composición de un combustible particular depende de la fuente de petróleo crudo, así como de la refinería. Aunque los combustibles hidrocarburos líquidos son mezclas de muchos hidrocarburos diferentes, por conveniencia suelen considerarse como un solo hidrocarburo. Por ejemplo, la gasolina se trata como octano  $C_8H_{18}$ , y el diésel como do decano,  $C_{12}H_{26}$ . (Cengel y Boles, 2011: p.772)

### 3.2.3.2 *Combustión*

Una reacción química durante la cual se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía recibe el nombre de combustión, el oxidante empleado con mayor frecuencia en los procesos de combustión es el aire, por obvias razones (es gratuito y se consigue fácilmente). (Cengel y Boles, 2011: p.773)

### 3.2.4 *Poder Calorífico*

El Poder calorífico por definición es la cantidad de calor liberado cuando un combustible se quema completamente en un proceso de flujo estacionario y los productos vuelven al estado de los reactivos. En otras palabras, el poder calorífico de un combustible es igual al valor absoluto de la entalpía de combustión del combustible. (Cengel y Boles, 2011: p.79)

La mayor parte de los combustibles contienen hidrógeno, que forma agua durante la combustión. El poder calorífico de un combustible será diferente dependiendo de si el agua en los productos de la combustión se halla en forma líquida o de vapor. (Cengel y Boles, 2011: p.79)

#### 3.2.4.1 *Poder calorífico Superior*

Recibe el nombre de poder calorífico superior PCS cuando el agua en los gases de combustión se condensa por completo, de manera que también se recupera el calor de vaporización, por lo tanto el agua en los productos de combustión sale en forma líquida. (Cengel y Boles, 2011: p.784)

#### 3.2.4.2 *Poder calorífico Inferior*

Se conoce como poder calorífico inferior PCI cuando el vapor de agua contenido en los gases de la combustión no condensa, por lo tanto no hay aporte adicional de calor de condensación de vapor de agua, es decir el agua en los productos sale en forma de vapor de agua. (Cengel y Boles, 2011: p.784)

#### 3.2.4.3 *Relación de Poder calorífico inferior y superior*

Los dos poderes caloríficos se relacionan mediante la siguiente ecuación:

$$PCS = PCI + (mh_{fg}) H_2O \quad \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ combustible}$$

Donde **m** es la masa de agua en los productos por unidad de masa de combustible y  **$h_{fg}$**  es la entalpía de vaporización del agua a la temperatura especificada. El poder calorífico de un combustible puede determinarse a partir de conocer la entalpía de formación para los compuestos implicados. (Cengel y Boles, 2011: p.784)

### 3.2.5 *Determinación de Poder calorífico*

Existen dos procedimientos para la determinación del poder calorífico de los combustibles, que son:

- **Método Analítico**

Consiste en aplicar el Principio de Conservación de la Energía, que expresa: "El poder calorífico de un cuerpo compuesto es igual a la suma de los poderes caloríficos de los elementos simples que lo forman, multiplicados por la cantidad centesimal en que intervienen, descontando de la cantidad de hidrógeno total del combustible la que se encuentra ya combinada con el oxígeno del mismo"

Por lo tanto para la aplicación del presente procedimiento es necesario efectuar previamente un análisis elemental del combustible cuyo poder calorífico deseamos determinar: (C %; H %; O2 %; S %; Humedad %)

- **Método Práctico**

El método práctico para determinar el poder calorífico de un combustible consiste en el empleo de calorímetros mediante los cuales se puede determinar en forma directa en el laboratorio el poder calorífico de los combustibles.

Este método consiste en quemar una cierta cantidad de combustible y medir la cantidad de calor producida a través de la energía térmica ganada por un líquido conocido (agua), el cual se encuentra contenida en un recipiente.

El poder calorífico de las muestras preparadas de desechos peligrosos se determinó utilizando una bomba calorimétrica Parr, modelo 1341.

En proceso ideal cumplirá que el calor liberado por el combustible será igual al calor ganado por el agua es decir:

$$Q_{\text{comb}} = Q_{\text{agua}}$$

$$Q_{\text{comb}} = m_a \times c_{pa} \times (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$

### 3.2.5.1 Cálculo del poder calorífico de muestras de desechos peligrosos

El procedimiento de cálculo se base en suponer que al no existir intercambio térmico con el medio, el calor generado dentro de la bomba calorimétrica (Q) es entonces absorbido por los elementos que rodean la misma que son:

- Agua contenida en el calorímetro
- Agitador
- Termómetro
- Recipiente
- Bomba

$$Q = Q_{\text{agua}} + Q_{\text{agitador}} + Q_{\text{termómetro}} + Q_{\text{bomba}} + Q_{\text{recipiente}}$$

**Ec. 1-3**

$$Q = m_{\text{agua}} \times C_{p_{\text{agua}}} \times \Delta t + m_{\text{agitador}} \times C_{p_{\text{agitador}}} \times \Delta t + m_{\text{termómetro}} \times C_{p_{\text{termómetro}}} \times \Delta t + m_{\text{bomba}} \times C_{p_{\text{bomba}}} \times \Delta t + m_{\text{recipiente}} \times C_{p_{\text{recipiente}}} \times \Delta t$$

**Ec. 2-3**

Como para distintos ensayos en un mismo aparato, tanto el agitador, termómetro, bomba y recipiente son comunes, se puede agrupar de la siguiente manera:

$$Q = m_{\text{agua}} \times C_{p_{\text{agua}}} \times \Delta t + E_{\text{aparato}} \times \Delta t$$

**Ec. 3-3**

$$Q = (m_{\text{agua}} \times C_{p_{\text{agua}}} + E_{\text{aparato}}) \Delta t$$

**Ec. 4-3**

Como el calor total liberado de la bomba calorimétrica es cedido por la combustión del combustible y la del alambre, resulta:

$$Q = Q_{\text{combustible}} + Q_{\text{alambre}}$$

**Ec. 5-3**

$$Q_{\text{combustible}} = Q - Q_{\text{alambre}}$$

**Ec. 6-3**

Por lo tanto:

$$Q_{\text{combustible}} = (m_{\text{agua}} \times C_{p_{\text{agua}}} + E_{\text{aparato}}) \Delta t - m_{\text{alambre}} \times C_{\text{alambre}}$$

**Ec. 7-3**

$$\text{PCS} = \frac{Q_{\text{combustible}}}{G_{\text{combustible}}}$$

**Ec. 8-3**

**Donde:**

**Qcombustible:** Calor liberador por el combustible (Kcal)

**Gcombustible:** Peso del Combustible (Kg)

**PCS:** Poder calorífico superior (Kcal/Kg)

La parte experimental se realizara en el Laboratorio del CGD Barrotieta INCINEROX. En el cual se realizaran los ensayos de poder calorífico de los diferentes tipos de residuos industriales, esto se lo realiza haciendo uso de un Calorímetro de Bomba de Oxígeno PARR 1341, con el cual podremos determinar el poder calorífico de los residuos industriales y así llegar a obtener un diccionario de poder calorífico con la mayor cantidad de materiales que ingresan al proceso de Incineración.

### **3.2.6 Almacenamiento y Manejo de desechos peligrosos**

La creciente producción de bienes y servicios requiere de una inmensa y variada gama de materiales peligrosos que han llegado a ocupar un destacado lugar por su cantidad y diversidad de aplicaciones y en el afán de cumplir con las responsabilidades y tomar decisiones oportunas



sobre la gestión, se deben conocer todas las fases de su manejo, incluyendo las actividades que se realizan fuera del establecimiento como el transporte y disposición final. (NTE-INEN 2266, 2013, p.2).

No se debe olvidar que la responsabilidad del establecimiento no habrá concluido hasta que los materiales peligrosos sean tratados o dispuestos de acuerdo a la normativa ambiental vigente, por lo que es necesaria la formulación de normas que dirijan estas tareas con eficiencia, técnica y economía para evitar los riesgos y accidentes que involucren daños a las personas, propiedad privada y ambiente. (NTE-INEN 2266, 2013, p.2).

El área de incineración cuenta con una cubierta de tol galvanizado con sistema de recolección de aguas de lluvia, piso de concreto con trincheras y cajas de recolección de derrames, sistema puesta a tierra. Posee un área abierta para la circulación adecuada de aire, necesaria, material contingente. Internamente el área cuenta con balanza, trituradora, equipo de incineración, área de mantenimiento, área almacenamiento, área de visitas, área de baños y casilleros y laboratorio.

Para el caso de almacenamiento de desechos líquidos, el sitio debe contar con cubetos para contención de derrames o fosas de retención de derrames cuya capacidad sea del 110% del contenedor de mayor capacidad, además deben contar con trincheras o canaletas para conducir derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado.

#### *3.2.6.1 Descripción del Manejo de Desechos Peligrosos*

Se debe tener un control del tipo y cantidad de residuos ingresados a la planta de tratamiento, verificando la información suministrada por el cliente. Este procedimiento asegura una correcta disposición para todo tipo de residuo peligroso, especial o común.

#### **GENERADOR:**

- Verificar los tipos desechos descritos en el manifiesto único de embarque o cadena de custodia, al momento de la recepción de los mismos.
- Solicitar instrucciones de procedimientos especiales, esto contempla todo tipo de inspección por parte entidades de control (CONSEP, DPSP, Notarios, entre otros) antes de manipular los residuos.
- Abrir las cajas y separar los residuos de acuerdo a los procedimientos internos.

### **MANEJO DE DESECHOS:**

- Clasificar los residuos separados en residuos que necesiten desembalaje y aquellos que no. Los residuos que necesiten desembalaje deben ser clasificados en aquellos contenidos en blíster y aquellos contenidos en vidrio.
- Dentro de los que no necesiten desembalaje, clasificarlos dentro de los grupos de incineración, estabilización-solidificación, reciclaje o disposición final.
- Pesarse los residuos separados y si es posible, colocar cada uno, en una caja de cartón diferente.
- Etiquetar cada caja con el rombo de seguridad o la etiqueta de inventario correspondiente.

### **CARGA DE DESECHOS:**

- Los vehículos realizarán la carga de los desechos de manera clasificada de acuerdo al tipo de desechos en base a sus compatibilidades químicas, apilada de manera segura.
- Los envases deberán ser colocados sobre pallets para su fácil manejo.
- Previo al transporte de los desechos estos se equilibrarán el peso del mismo.
- Además se debe seguir las recomendaciones de manejo adecuado, según las recomendaciones de las escuelas de conducción.
- Para las lámparas de descarga en desuso cuando estas se apilen se debe evitar que estas se aplasten.

### **DESCARGA DE DESECHOS:**

- Previo a la descarga realizar la planificación de ubicación del desecho, considerando las condiciones de almacenamiento establecidas en la norma INEN NTE 2266:2013, respecto a los espacios que se debe mantener entre pallets, además del tipo de desecho. Es decir se debe ubicar los desechos de acuerdo al tratamiento que se le vaya a realizar como: incineración, reciclaje, estabilización y solidificación o disposición final.
- Dar a conocer la información de las MSDS, tarjetas de emergencia y etiquetas al personal que va a manipular los desechos para la descarga.
- Hacer una inspección previa de la carga para verificar que no exista fugas o derrames.
- El personal encargado de la descarga del desecho debe utilizar el equipo de protección establecido en la MSDS.

## **PROCEDIMIENTO DE ALMACENAMIENTO:**

- Colocar las cajas, en paletas o canastillas con el listado de los residuos contenidos en el mismo.
- Colocar las paletas en las posiciones designadas de las estanterías ubicadas en la bodega de recepción.
- Para el caso de residuos inflamables, estos siguen el mismo procedimiento anterior, pero serán ubicados en la bodega construida para este efecto.
- Los residuos de derrames de hidrocarburos u otros se dispondrán directamente en los cubetos anti derrame.

La bodega de tratamiento térmico (área de incineración) cumple con las normativas reglamentarias para almacenamiento, con la norma INEN 2266:2013, es decir cuentan con trincheras, cubetos, sistema contra incendios, kit anti derrames, señalización, entre otros.

### *3.2.6.2 Medidas de seguridad*

El CGD-Barrotieta se encuentra ubicado alejado de áreas sensibles como: residenciales, escuelas, hospitales, áreas de comercio. Existe acceso restringido a las bodegas de almacenamiento, el mismo que es controlado por el guardia de seguridad. Las bodegas se encuentran un sitio que no permite tener inundaciones, por el tipo de ecosistema.

Existen facilidades de acceso al CGD en caso de generarse un contingente ambiental. Se cuenta con un consultorio médico, en el cual se encuentra el Médico de Salud ocupacional. Se cuenta con vestuarios y duchas para el aseo personal de los operadores.

Las bodegas cuentan con cubierta, paredes, ventilación natural, canales para recolección de agua de lluvia, y lixiviados, trampa de grasa. Las bodegas cuentan con detectores de humo y alarmas. Se tiene instalado un sistema contra incendios, extintor. Se cuenta con equipos de protección personal, como: trajes tyvek, guantes de nitrilo, casco, mascarilla, zapatos punta de acero, entre otros. Además se cuenta con un plan de emergencia, donde se evidencia todo el sistema implementado en el CGD-Barrotieta.

### 3.2.7 Descripción y desarrollo de pruebas

Como lo indica la normativa ambiental vigente, el protocolo de pruebas se debe llevar a cabo realizando muestreos en series de tres, de cada una de las siguientes pruebas: blanco, subrogados, con desechos al 85 y 100% de la capacidad de diseño del sistema.

Hay que recalcar que el principal objetivo del protocolo de pruebas químicas en el proceso de incineración es establecer los criterios específicos para el desarrollo del protocolo de pruebas pre operativo de un sistema de tratamiento térmico de desechos peligrosos que demuestre la eficiencia del mismo.

#### 3.2.7.1 Prueba en blanco

El CGD- Barrotieta Incinerox dispone de 2 quemadores de fabricación china, estos cuentan con regulación de aire, cabezal de combustión y regulación de presión en la bomba de combustible. Mediante la manipulación de estas variables se llegara a la calibración de los quemadores con lo cual aseguraremos las mejores condiciones de trabajo.

Esta calibración se realizó en base a la observación del comportamiento del quemador al manipular sus variables, para lo cual se tomó en cuenta el color de llama, temperatura de llama y concentración de los principales gases contaminantes. Se utilizó los equipos con los que cuenta la empresa como son: Testo 340 equipo de medición de emisiones gaseosas a la atmosfera y termómetro infrarrojo digital para conocer la temperatura de llama. Las condiciones a las cuales se calibra se encuentran a continuación:

**Tabla 1-3:** Calibración Quemador #1

QUEMADOR # 1	
CABEZAL DE COMBUSTION	2.5*
AIRE	4*
PRESION	7 vueltas tornillo (ajuste bomba)

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

**\*Nota:** Estos valores hacen referencia a posición del cabezal de combustión, ya que cuenta con numeración 5 posiciones y abertura de ventanilla para ingreso de aire respectivamente.

**Tabla 2-3:** Calibración Quemador #2

<b>QUEMADOR # 2</b>	
<b>CABEZAL DE COMBUSTION</b>	2.5*
<b>AIRE</b>	3*
<b>PRESION</b>	8 vueltas tornillo (ajuste bomba)

Realizado por: Pino Byron, 2017  
Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

**\*Nota:** Estos valores hacen referencia a posición del cabezal de combustión, ya que cuenta con numeración 5 posiciones y abertura de ventanilla para ingreso de aire respectivamente.

Los quemadores deberán ser calibrados para garantizar las mejores condiciones, para lo cual se debe tener en cuenta la posición del cabezal de combustión, la apertura de aire y la regulación de presión de la bomba.

#### 3.2.7.2 Prueba con subrogados

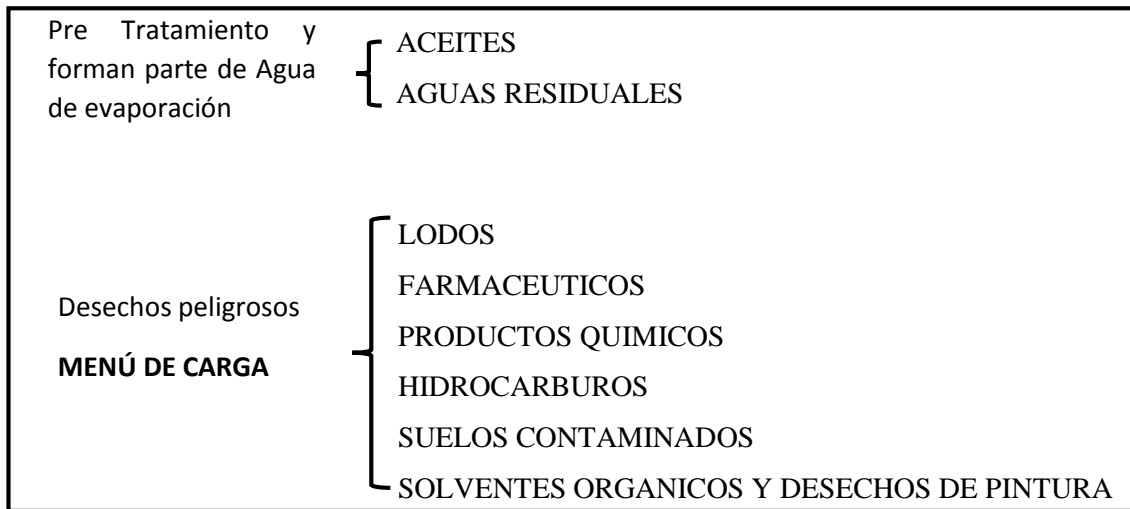
Se entiende como subrogado a todo material no peligroso como arena limpia, aserrín u otro material que no esté contaminado con sustancias peligrosas según los lineamientos del AM 026. Para lo cual se decidió que esta prueba se debe utilizar arcilla limpia para la ejecución de esta prueba. La arcilla debe estar completamente libre de agentes peligrosos o contaminantes para que esta al entrar al proceso de tratamiento térmico no emita contaminación alguna. Esta se lleva a cabo con una previa elevación de temperatura del equipo de incineración y al contar con temperaturas superiores a 1000 °C se procede a ingresar arcilla limpia a la mitad de capacidad del cangilón transportador es decir 100 kg, ya que este material se consumirá en un máximo de 70% y el material restante será recolectado junto con la ceniza mediante los ductos de recolección de cenizas.

#### 3.2.7.3 Prueba con desechos peligrosos al 85% y 100% de su capacidad

Previo al tratamiento térmico, se clasificará los desechos que pueden ser tratados mediante incineración, en base a las características físico-químicas de los mismos. Esta información será adquirida de las etiquetas de los desechos y de las hojas de seguridad.

El material a ser incinerado es generado de la industria en general que realiza mantenimiento de sus facilidades tales como medicamentos caducados, productos de consumo masivo, waipes,

materiales absorbentes, entre otros tipos de desechos que se agrupo como se muestran a continuación:



**Figura 4-3:** Grupos de desechos que ingresan al proceso de incineración  
Realizado por: Pino Byron, 2017

Los grupos de Aceites y Aguas residuales pasan a un proceso de revalorización y de este se recuperan la fase de agua que es la que ingresa al proceso de incineración mediante el proceso de evaporización de agua (pulverizado). Esta fase liquida se almacena en una piscina de 40 m<sup>3</sup> para agua de evaporación.

El proceso de revalorización los líquidos tienen la siguiente composición aproximada:  
Hidrocarburos recuperables = 30%; **Agua Oleosa** = 50%; Sólidos = 20 %

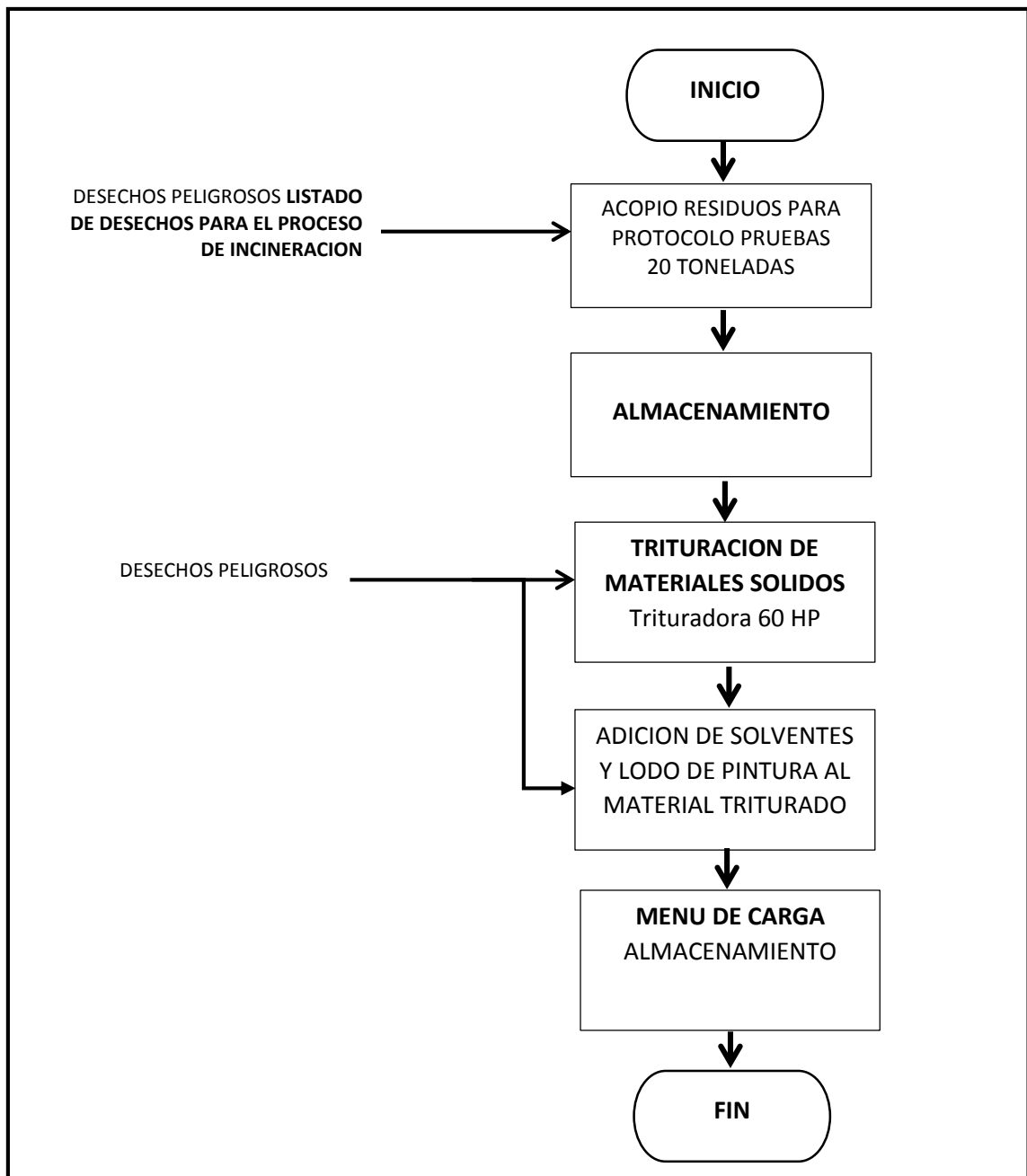
El menú de carga del incinerador queda compuesto por 6 grupos de desechos peligrosos los cuales abarcan los desechos peligrosos que llegan con mayor frecuencia para tratamiento térmico y el menú de carga queda compuesto como se muestra a continuación:

**Tabla 3-3:** Menú de Carga (Mezcla de desechos peligrosos)

DESECHO PELIGROSO	CODIGO MAE	% PESO
LODOS	NE-38	6
DESECHOS DE PINTURA, SOLVENTES ORGANICOS	NE-49	15
FARMACEUTICOS	C.21.03	36
PRODUCTOS QUIMICOS	C.11.01	1
HIDROCARBUROS	NE-42, NE-43, NE-27	32
SUELOS CONTAMINADOS	NE-52	10

Realizado por: Pino Byron, 2017  
Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

Para la preparación de la carga se llevara un proceso que se esquematiza en el siguiente diagrama:



**Figura 5-3:** Diagrama de bloques del proceso de preparación de menú de carga  
Realizado por: Pino Byron, 2017

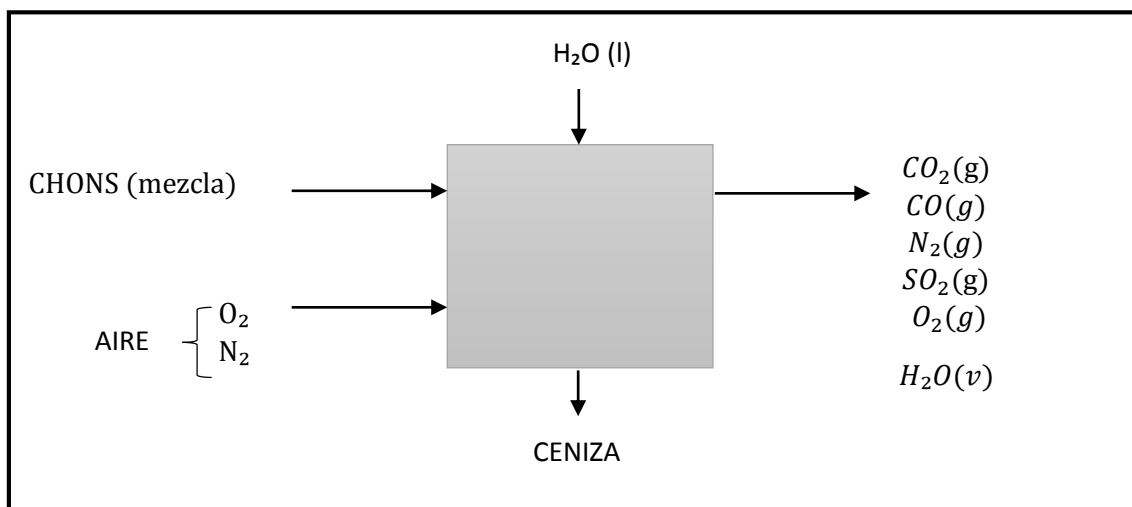
La cantidad máxima de desechos peligrosos a utilizar en el protocolo de pruebas es de 20 toneladas por prueba, esta mezcla se realizara de acuerdo a la agrupación de la lista de desechos peligrosos para el proceso de incineración.

### 3.2.8 Balance de Materia y Energía

En la incineración se entiende como la combustión que se realiza residuos en los cuales existe una gran diversidad de componentes o compuestos químicos. El calor desprendido en la combustión de un residuo es absorbido por el resto del residuo, aprovechándose una parte para evaporar humedad y otra para volatilizar el residuo como tal. Lo que busca la incineración es oxidar el oxígeno y el hidrogeno presentes en los residuos.

Los balances de materia y energía que se describen a continuación se los realiza en estado estacionario con reacción química, y fundamentados en la cinética de reacción ya que la reacción de combustión en el proceso de incineración se desarrolla mediante una serie de complejas reacciones químicas, realizadas mediante radicales libres.

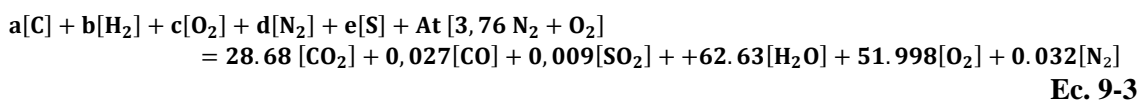
### 3.2.8.1 Cálculo del Balance de Masa



**Figura 6-3:** Esquema Balance de masa

Realizado por: Pino Byron, 2017

La reacción de combustión en el sistema queda representada por la siguiente ecuación:



**\*Nota:** La letras representan los valores que se deben calcular en el balance de masa.

Hay que tomar en cuenta los datos de campo del monitoreo semestral de emisiones hacia la atmosfera el cual realiza un laboratorio acreditado, de este se obtiene los siguientes datos de campo utilizados:



**Tabla 4-3:** Datos de Monitoreo de emisiones gaseosas semestral

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
<b>Flujo volumétrico de gas seco promedio anual</b>	<b>8632</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
Presión	0.998≈1	atm
Temperatura de chimenea	353	K
Constante R Gases ideales	0.082	m <sup>3</sup> atm/K kmol
Velocidad	9.3	m/s
Radio de chimenea	0.315	m
Área	0.312	m <sup>2</sup>
<b>Flujo volumétrico total</b>	<b>10445</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Flujo volumétrico de vapor de agua</b>	<b>1813</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: Monitoreo Semestral realizado por CHEMENG, 2016

Haciendo uso de la fórmula general de gases de ideales y con los datos se obtiene las moles de vapor de agua a una temperatura de 353 K el cual es de 62.63 kmol/h

Además con los datos de emisiones gaseosas emitidas hacia la atmosfera medidos con el Testo 340, flujos medidos en mg/m<sup>3</sup> y posterior a kmol/h para realizar el balance de masa con flujos molares. A continuación se presenta los datos en la siguiente tabla con las trasformaciones requeridas para realizar el balance de masa.

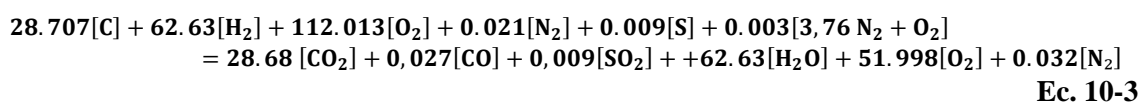
**Tabla 5-3:** Datos de emisiones gaseosas a la salida de la chimenea

SUSTANCIA	MEDIDA		TRANSFORMACIÓN	
	%	ppm	mg/m <sup>3</sup>	kmol/h
CO <sub>2</sub>	5.58	55800	146178	28.68
CO	-	52	86	0.027
SO <sub>2</sub>	-	18	68	0.009
<b>H<sub>2</sub>O</b>	-	-	-	<b>62.63</b>
N <sub>2</sub>	-	39	106	0.032
O <sub>2</sub>	13.48	134800	192764	51.998
N <sub>2</sub> *	-	-	-	<b>0.021</b>

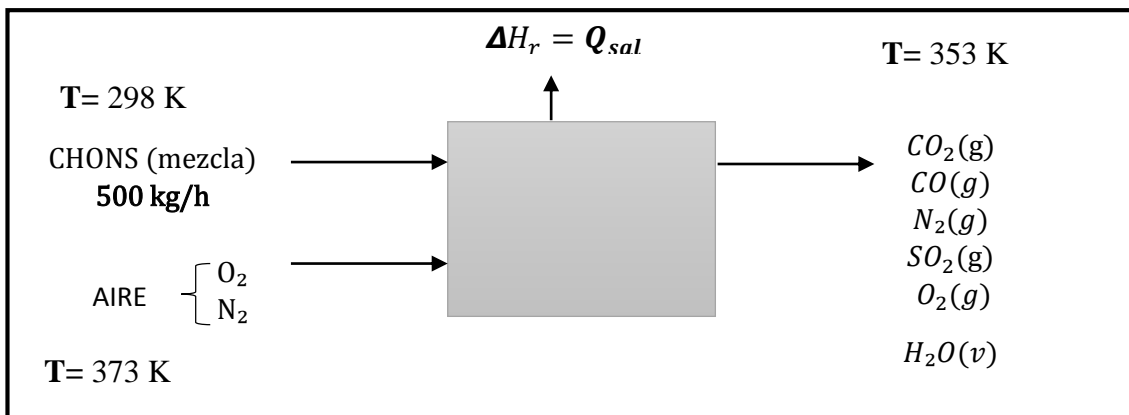
Realizado por: Pino Byron, 2017

**\*Nota:** Al no poder realizar el análisis elemental de la muestra de solida por falta de un Laboratorio que realice dicho análisis en el País. Se asume que el valor de N<sub>2</sub> en composición de mezcla es de 0.021 kmol/h.

La ceniza consiste en el material no combustible en el carbón. Por lo tanto, la masa del contenido de ceniza que entra a la cámara de combustión es igual al contenido másico que sale. Haciendo caso omiso de este componente no reactivo, la ecuación de combustión igualada por método algebraico es:



### 3.2.8.2 Cálculo del Balance de Energía



**Figura 7-3:** Esquema Balance de energía  
 Realizado por: Pino Byron, 2017

Para la ejecución del balance de energía se toma en cuenta el Poder calorífico inferior de los reactivos, como la entalpia de formación y entalpias específicas de cada uno de los componentes que interviene en la reacción de combustión. Suponiendo que la reacción de combustión se lleva a cabo en un sistema abierto sin producción de trabajo. Consideremos despreciables las variaciones de las energías cinética y potencial. El balance energético en estado estacionario es:

$$\Delta H_r = Q_{sal} \quad \text{Ec. 11-3}$$

**Donde:**

$\Delta H_r$  = Entalpia de combustión

$Q_{sal}$  = Calor de reacción

$$Q_{sal} = \left[ \sum n_i (h_f + h^- - h^\circ)_r \right] - \left[ \sum n_f (h_f + h^- - h^\circ)_p \right] \quad \text{Ec. 12-3}$$

**Donde:**

$n_i$  = Flujo molar de entrada (kmol/s)

$n_f$  = Flujo molar de salida (kmol/s)

$h_f$  = Entalpia de formación (kJ/kmol)

$h^-$  = Entalpia sensible en el estado especificado (kJ/kmol)

$h^\circ$  = Entalpia sensible en el estado de referencia estándar de 25 °C y 1 atm (kJ/kmol)

Cuando se conoce la composición exacta del combustible, su entalpia de combustión o calor de reacción se determina empleando los datos de entalpia de formación como se demostró en la Ec. 12-3. Pero para combustibles con grandes variaciones en la composición dependiendo de la fuente, es más práctico determinar su entalpia de combustión de modo experimental quemándolo

directamente en una bomba calorimétrica a volumen constante o en un dispositivo de flujo estacionario. (Cengel y Boles, 2011:p.785)

Se conoce que el flujo másico de proceso es de 12 Ton/día por lo cual mediante transformación de unidades es 500 kg/h. Además se determinó experimentalmente haciendo uso de una bomba calorimétrica que la entalpia de combustión es de 4709 kcal/kg que transformando nos da 19683.62 kJ/kg. Con estos datos se puede obtener la entalpia de la mezcla expresada kJ/h con ayuda de la siguiente ecuación:

$$H_{mezcla} = m \times P_c \quad \text{Ec. 13-3}$$

**Donde:**

$H_{mezcla}$ = Entalpia de mezcla (kJ/h)

$m$ = Flujo Másico (kg/h)

$P_c$ = Poder calorífico o Entalpia de Combustión experimental (kJ/kg)

$$Q_{sal} = \left[ (H_{mezcla}) + \sum n_i (h_f + h_{373} - h_{298})_{aire} \right] - \left[ \sum n_f (h_f + h_{353} - h_{298})_p \right] \quad \text{Ec. 14-3}$$

**Tabla 6-3:** Datos de entalpias de formación y específicas

Sustancia	$h_f$	$h_{373}$	$h_{298}$	$h_{353}$
	kJ/Kmol	kJ/kmol	kJ/kmol	kJ/kmol
<b>CO<sub>2</sub></b>	-393.520	-	9.364	11.475
<b>CO</b>	-110.530	-	8.669	10.269
<b>H<sub>2</sub>O</b>	-241.820	-	9.904	11.758
<b>O<sub>2</sub></b>	0	10.903	8.682	10.306
<b>N<sub>2</sub></b>	0	10.855	8.669	10.271

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: CENGEL Y BOLES, 2011. Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades SI).

**Tabla 7-3:** Datos de entalpias de formación y específicas de Dióxido de Azufre

Sustancia	$h_f$	$h_{373}$	$h_{300}$	$h_{353}$
	kJ/Kmol	kJ/kmol	kJ/kmol	kJ/kmol
<b>SO<sub>2</sub></b>	-296.000	-	73.80	2243

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: RAMIREZ, F. 2008. Tablas de propiedades termodinámicas de los gases ideales.

**Tabla 8-3:** Flujo molar de sustancias que intervienen en la reacción de combustión

SUSTANCIA	VALOR	UNIDADES
CO <sub>2</sub>	28.68	kmol/h
CO	0.027	kmol/h
SO <sub>2</sub>	0.009	kmol/h
H <sub>2</sub> O	62.63	kmol/h
N <sub>2</sub>	0.032	kmol/h
O <sub>2</sub>	51.998	kmol/h
<b>AIRE</b>		
N <sub>2</sub>	0.011	kmol/h
O <sub>2</sub>	0.003	kmol/h

Realizado por: Pino Byron, 2017

**\*Nota:** El valor del calor de reacción se lo transforma a kJ/s.

### 3.2.8.3 Cálculo Potencia del equipo

$$m_r = m_f - m_c$$

**Ec. 15-3**

**Donde:**

$m_f$  = Flujo másico de carga (kg/s)

$m_c$  = Flujo Másico de Ceniza y Material no incinerado (kg/s)

$$P_t = m_r \times P_c$$

**Ec. 16-3**

**Donde:**

$P_t$  = Potencia Térmica (MW)

$P_c$  = Poder Calorífico Promedio de Carga (MJ/kg)

$m_r$  = Flujo Másico Real (kg/s)

## 3.2.9 Resultados

### 3.2.9.1 Diccionario de Poder Calorífico

Este diccionario se realizó siguiendo el listado de 99 códigos MAE para tratamiento térmico o incineración, de los cuales se realizó el poder calorífico de los que se contaba dando como resultado el poder calorífico de 35 desechos peligrosos del total del listado como se muestra a continuación:

**Tabla 9-3:** Diccionario de Poder Calorífico

<b>DICCIONARIO DE PODER CALORIFICO</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CODIGO MAE</b>	<b>Kcal/Kg</b>
<b>POR FUENTE ESPECIFICA</b>		
Materias primas, productos terminados fuera de especificaciones que contienen sustancias peligrosas.	<b>C.10.04</b>	6456.13
Aditivos químicos, concentrados de bebidas caducados o fuera de especificaciones	<b>C.11.01</b>	3179.89
Pigmentos, colorantes, tintas, solventes caducados con características peligrosas	<b>C.13.03</b>	8513.63
Desechos de acabo textil con componentes tóxicos como permanganato de potasio o análogos	<b>C.13.07</b>	6301.8
Desechos de resinas alquídicas, poliéster, acrílicas, poliamidas, epóxicas, formaldehído-urea, fenol-formaldehído, poliuretano, barnices, pinturas que contengan sustancias peligrosas	<b>C.16.05</b>	7871.38
Slops de petróleo	<b>C.19.03</b>	7788.7
Desechos sólidos/pastosos integrados principalmente por pinturas, lacas, barnices, resinas, tintas que contengan solventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	<b>C.20.06</b>	9173.8
Desechos resultantes de la producción, preparación de resinas, látex, plastificantes, colas o adhesivos	<b>C.20.08</b>	7871.4
Desechos resultantes de la producción, preparación de solventes orgánicos, thinner, diluyentes.	<b>C.20.10</b>	6771.8
Desechos que contengan solventes orgánicos	<b>C.20.12</b>	9173.8
Material adsorbente utilizado en la recolección y limpieza de derrames de materiales peligrosos	<b>C.20.16</b>	5679.66
Medicamentos, productos farmacéuticos, psicotrópicos, botánicos y veterinarios fuera de especificaciones o caducados	<b>C.21.03</b>	4285.1
Aceites gastados de corte y enfriamiento en las operaciones de talleres de maquinado	<b>C.25.06</b>	9980.83
Aceites gastados y lodos de los tanques de enfriamiento con aceites utilizados en las operaciones de tratamiento en caliente de metales	<b>C.25.07</b>	9980.83
Material adsorbente del derrame de materiales peligrosos	<b>H.52.04</b>	5679.66
Fármacos veterinarios caducados o fuera de especificaciones	<b>M.75.04</b>	6514.5
Fármacos caducados o fuera de especificaciones	<b>Q.86.08</b>	4285.1
<b>POR FUENTE NO ESPECIFICA</b>		
Aceites dieléctricos usados que no contengan bifenilopoliclorados (PBC), terfenilopoliclorados (PCT) o bifenilopolibromados (PBB)	<b>NE-01</b>	9980.83
Aceites minerales usados o gastados	<b>NE-03</b>	10327.3
Envases contaminados con materiales peligrosos	<b>NE-27</b>	11005.6
Envases y contenedores vacíos de materiales tóxicos sin previo tratamiento	<b>NE-29</b>	10647.9
Equipo de protección personal contaminado con materiales peligrosos	<b>NE-30</b>	6301.8
Filtros usados de aceite mineral	<b>NE-32</b>	8496.54
Aceites, grasas y ceras usadas o fuera de especificaciones	<b>NE-34</b>	9208.24
Lodos de aceite	<b>NE-36</b>	7129.6
Lodos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos	<b>NE-38</b>	342.7
Material adsorbente contaminado con hidrocarburos: waipes, paños, trapos, aserrín, barreras adsorbentes y otros materiales sólidos adsorbentes	<b>NE-42</b>	5679.66
Material adsorbente contaminado con sustancias químicas peligrosas: waipes, paños, trapos, aserrín, barreras adsorbentes y otros materiales sólidos adsorbentes	<b>NE-43</b>	3653.5
Material de embalaje contaminado con restos de sustancias o desechos peligrosos	<b>NE-44</b>	10850.8
Mezclas oleosas, emulsiones de hidrocarburos- agua, desechos de taladrina	<b>NE-45</b>	10.66
Productos farmacéuticos caducados o fuera de especificaciones generados en empresas no farmacéuticas	<b>NE-47</b>	4856.06

Residuos de tintas, pinturas, resinas que contengan sustancias peligrosas y exhiban características de peligrosidad	<b>NE-49</b>	9280.6
Sedimentos o colas de la recuperación de solventes orgánicos	<b>NE-50</b>	7871.4
Solventes orgánicos gastados y mezclas de solventes gastados	<b>NE-51</b>	8513.6
Suelos contaminados con materiales peligrosos	<b>NE-52</b>	5536.2

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

### 3.2.9.2 Resultados de laboratorio

**Tabla 10-3:** Muestra líquida (agua de evaporación)

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Densidad	1.006	g/cm <sup>3</sup>
Cloro Total	0.3	Ppm
Vanadio	1.3	Ppm
Níquel	4.8	Ppm
Hierro	14.8	Ppm
Azufre	0.08744	% p.
Viscosidad cinética	0.8744	Cts.
Contenido de Agua	100	% vol.

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: CESTTA, 2017.

**Tabla 11-3:** Muestra Sólida (menú de carga)

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Densidad	0.47	g/cm <sup>3</sup>
Humedad	14.31	%
Mercurio	<0.05	mg/kg
Cadmio	0.11	mg/kg
Talio	3.04	mg/kg
Antimonio	1.16	mg/kg
Arsénico	<10	mg/kg
Plomo	146.62	mg/kg
Cromo	11.14	mg/kg
Cobalto	1.68	mg/kg
Cobre	95.24	mg/kg
Manganeso	48.37	mg/kg

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: CESTTA, 2017.

3.2.9.3 Resultados de Balances de masa y energía

Tabla 12-3: Resultados Generales

PARÁMETRO	NUMERO DE CORRIENTES				SÍMBOLO	UNIDAD
	Menú de carga	Agua de evaporación	Ceniza	Salida de Gases		
Flujo másico	500		65	-	W	Kg/h
Flujo volumétrico	-			10445	Q	m <sup>3</sup> /h
Presión	0.998	0.998	0.998	0.998	P	atm
Temperatura	25	25	25	80	T	°C
Estado físico	S	L	S	G	S/L/G	-
Entalpia de Combustión	2.74				ΔHr	MW
% Cloro	0.3				Cl	ppm

Realizado por: Pino Byron, 2017

Tabla 13-3: Resultados Balance de masa

ENTRADA			
SUSTANCIA	VALOR	EXPRESADO COMO	UNIDAD
Carbono	28.707	C	Kmol/h
Hidrogeno	62.63	H <sub>2</sub>	Kmol/h
Oxigeno	112.013	O <sub>2</sub>	Kmol/h
Nitrógeno	0,021	N <sub>2</sub>	Kmol/h
Azufre	0.009	S	Kmol/h
ENTRADA DE AIRE			
Oxigeno	0.003	O <sub>2</sub>	Kmol/h
Nitrógeno	0.011	N <sub>2</sub>	Kmol/h
SALIDA			
Dióxido de Carbono	28.68	CO <sub>2</sub>	Kmol/h
Monóxido de Carbono	0.027	CO	Kmol/h
Dióxido de Azufre	0.009	SO <sub>2</sub>	Kmol/h
Vapor de Agua	62.63	H <sub>2</sub> O	Kmol/h
Nitrógeno	0.032	N <sub>2</sub>	Kmol/h
Oxigeno	51.998	O <sub>2</sub>	Kmol/h

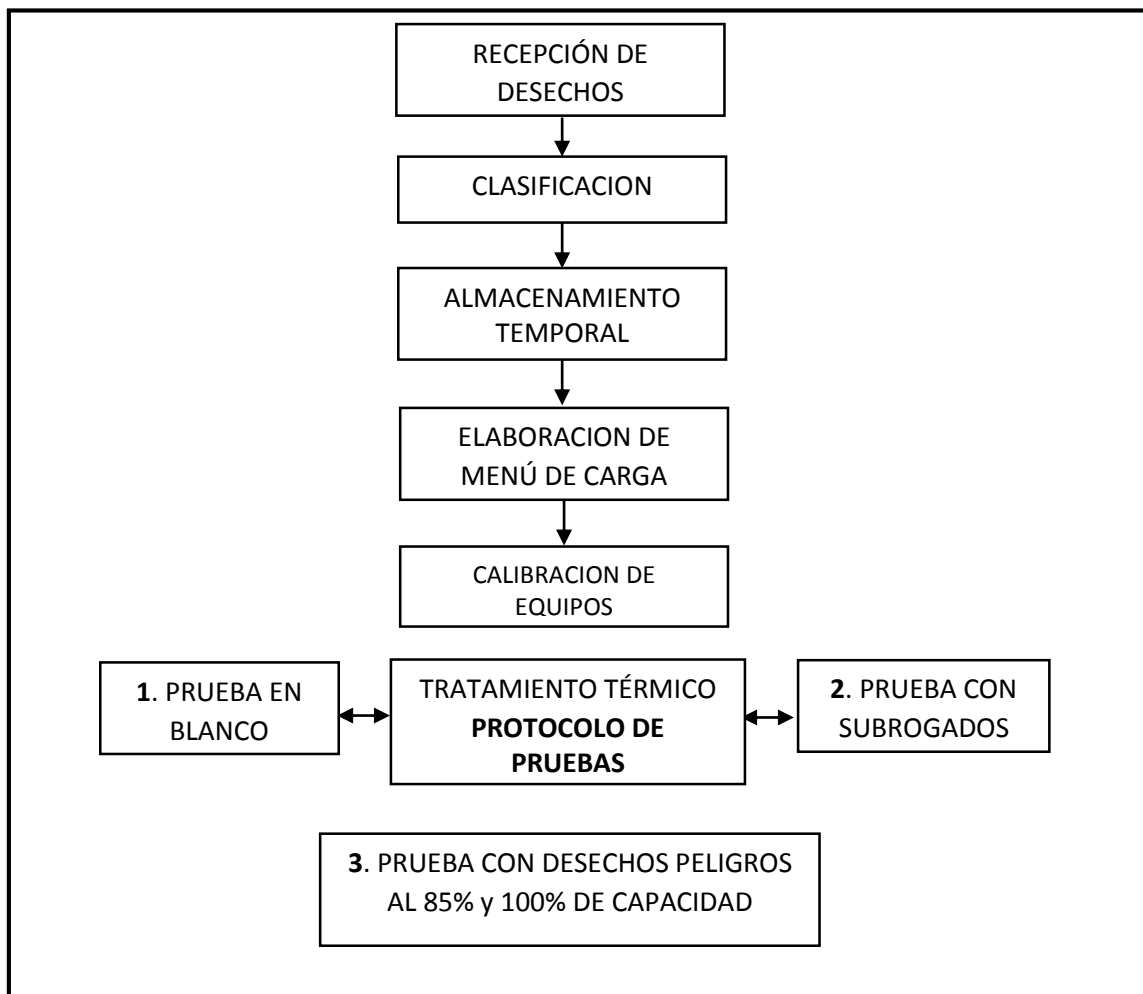
Realizado por: Pino Byron, 2017

**Tabla 14-3:** Resultados Balance de energía y Potencia del Incinerador

PARÁMETRO	VALOR	EXPRESADO COMO	UNIDAD
Entalpia de combustión o Calor de combustión	2741.102	$Q_{sal} \text{ o } \Delta H_r$	kJ/s
Potencia del Incinerador	2.44	$P_t$	MW

Realizado por: Pino Byron, 2017

### 3.3 Proceso de aplicación del protocolo de pruebas



**Figura 8-3:** Proceso de ejecución del protocolo de pruebas

Realizado por: Byron Pino, 2017

- A. En blanco ( operación del sistema sin carga)
- B. Con subrogados (materiales no peligrosos como arena limpia, aserrín, etc.)
- C. Con desechos peligrosos al 85 % de la capacidad de diseño del sistema
- D. Con desechos peligrosos al 100% de la capacidad del diseño del sistema



**Tabla 15-3:** Detalle de Procesos a llevar a cabo en Protocolo de Pruebas

PROCESO	DETALLE	SECCIÓN	RESPONSABLE
En Blanco	Operación sin carga	AREA DE INCINERACION	Supervisor de Procesos
Con Subrogados	Uso de arcilla limpia	AREA DE INCINERACION	Supervisor de Procesos
Con desechos peligrosos al 85 %	Al 85 % de la capacidad de diseño del sistema	AREA DE INCINERACION	Supervisor de Procesos
Con desechos peligrosos al 100 %	Al 100 % de la capacidad de diseño del sistema	AREA DE INCINERACION	Supervisor de Procesos

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

### 3.4 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

El equipo de incineración constará de una cámara de combustión provista de un cono inferior para el drenaje de las cenizas que se generan en la misma. Una segunda cámara para quemar a altas temperaturas los gases provenientes de la cámara de combustión de los residuos; esta también tiene un cono para descargas alguna ceniza volante que allí se acumule. Además el Incinerador consta de:

- Quemadores a diésel que proporcionan la energía para lograr quemar los gases en esta cámara a temperaturas superiores a los 850 °C, con un consumo promedio de 4 galones/hora.
- Un intercambiador de calor con varios haces de tubos de fuego realiza el trabajo de un primer enfriamiento de los gases que salen de la segunda cámara y a la vez recupera el calor generado por los mismos para reinyectarlo a la primera cámara.
- Dos venturis scrubber con inyección de solución lavadora complementan el enfriamiento de los gases.
- Una torre de lavado donde se pulveriza la solución lavadora de los gases con aire a presión.
- Un filtro de manga realiza la limpieza final de los gases reteniendo las partículas que aún pueda haber en los gases previos a su salida a la atmósfera.

**Tabla 16-3:** Equipos utilizados para la incineración de desechos

EQUIPO	UNIDAD	FUNCIÓN
<b>CAMARA DE COMBUSTION</b>	1	En esta los desechos ingresan y se queman a una temperatura de 850 °C
<b>CAMARA DE POST COMBUSTION</b>	1	En esta se queman los gases provenientes de la cámara de combustión a una temperatura de 1400 °C
<b>INTERCAMBIADOR DE CALOR</b>	1	Realiza el trabajo de un primer enfriamiento de los gases que salen de la segunda cámara y a la vez recupera el calor generado por los mismos para reinyectarlo a la primera cámara.
<b>TORRE DE LAVADO DE GASES</b>	1	En esta se pulveriza la solución lavadora de gases, con lo cual la temperatura disminuye para el siguiente proceso.
<b>TORRE DE LECHO FLUIDIZADO CON CARBON ACTIVADO</b>	1	En esta torre el carbón activado realiza la purificación de gases reteniendo en su superficie de manera preferencial moléculas orgánicas. Retiene entre 0.2 y 0.8 kg de contaminantes por kg de carbón activado.
<b>FILTRO DE MANGAS</b>	1	Este consta de 400 mangas distribuidas en 10 flautas en las cuales se retiene el material particulado. Las mangas tienen una malla de 5 um.

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: INCINEROX CIA. LTDA., 2017

**Tabla 17-3:** Equipos de Laboratorio Utilizados

EQUIPO	UNIDAD	FUNCION
<b>Calorímetro PARR 1341</b>	1	En este se realizan los ensayos para obtener el poder calorífico de los diferentes tipos de residuos que ingresan al incinerador. El calorímetro no requiere conexiones permanentes. Se puede configurar y estar listo para funcionar en unos minutos y, cuando no está en uso, se puede desmontar fácilmente y almacenar en un estante.
<b>TESTO 340</b>	1	El testo 340 es un instrumento de medición portátil para el análisis profesional de gases de combustión. Haciendo uso de este equipo comprobamos las emisiones gaseosas que emergen de la chimenea. En la chimenea se cuenta con un punto de muestreo el cual se ubica a 7 m aproximadamente de la base de la chimenea.
<b>Termómetro infrarrojo digital</b>	1	Los termómetros laser o pirómetros permiten a los usuarios medir la temperatura en aplicaciones en las que los sensores de temperatura convencionales no pueden ser empleados. Su uso será necesario para la calibración de los quemadores.

Realizado por: Pino Byron, 2017

Fuente: INCINEROX CIA.LTDA., 2017

### 3.5 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

#### 3.5.1 Análisis Cualitativo

En este análisis debemos considerar que al diseñar un protocolo de pruebas para el proceso de incineración se llegará a condiciones en las cuales el equipo funcione adecuadamente, así como también el cumplimiento con la normativa ambiental vigente con lo cual se espera que la ejecución del protocolo en estas condiciones causen un menor deterioro al ambiente y puedan generar impactos positivos en él. Entonces se optimizará el uso de los recursos naturales existentes en la zona por lo que debe ser considerada como una actividad económica y ambientalmente viable.

El beneficio obtenido por el proyecto técnico “**Diseño de un Protocolo de Pruebas Químicas para el Proceso de Incineración en la empresa INCINEROX**” debido a los impactos positivos que generan en el ambiente socioeconómico, es mayor que el costo ambiental, ya que con la aplicación de este protocolo de pruebas facilitará el uso del equipo, como también las concentraciones de emisiones gaseosas hacia la atmósfera se encontraran bajo la normativa ambiental vigente por lo cual elevara el bienestar del sector y de los trabajadores, los cuales tendrán una mejor calidad de vida.

#### 3.5.2 Análisis Cuantitativo

##### 3.5.2.1 Inversión

**Tabla 18-3:** Detalle de inversión

<b>DETALLE</b>	<b>PRECIO USD</b>
ANALISIS MUESTRA	7,139.48
EJECUCION PROTOCOLO DE PRUEBAS	30,780
<b>TOTAL</b>	<b>37,919.48</b>

Realizado por: Pino Byron, 2017

Este monto se tomaría en cuenta en la ejecución del protocolo de pruebas que fue diseñado para el proceso de incineración en el cual constan; el análisis inicial del menú de carga, como también el costo de todos los parámetros para las diferentes pruebas que se ejecutan según el Acuerdo Ministerial 026 emitido por el Ministerio del Ambiente Ecuador.

### 3.5.2.2 Determinación del Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i}$$

**Donde:**

**n:** Vida Útil

**FC:** Flujo de caja

**i:** Año de Operación

**r:** Tasa de descuento

En proyectos de inversión empresarial se acostumbra a fijarse la tasa de descuento como el costo del capital promedio que está soportando la compañía. De esta forma, si el VAN del proyecto de inversión analizado es positivo (mayor que cero) nos indica que el proyecto y financiado totalmente con fondos ajenos.

Entonces cuando a un proyecto le exigimos que ha determinada Tasa el VAN sea positivo lo que estamos exigiendo es que aporte riqueza por encima de esa tasa mínima.

**Tabla 19-3:** Detalle de inversión

DATOS	VALORES
NUMERO DE PERIODOS	5
TIPO DE PERIODO	ANUAL
TASA DE RETORNO	10%

Realizado por: Pino Byron, 2017

**Tabla 20-3:** Flujo de Ingresos

AÑO	VALOR
1	127,595.00
2	130,745.00
3	130,969.00
4	148,900.00
5	152,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>690,209.00</b>

Realizado por: Pino Byron, 2017

**Tabla 21-3:** Flujo de Egresos

AÑO	VALOR
1	97,415.00
2	98,100.00
3	98,232.00
4	98,416.00
5	99,600.00
<b>TOTAL</b>	<b>491,763.00</b>

Realizado por: Pino Byron, 2017

**Tabla 22-3:** Valor Actual Neto

FLUJO EFECTIVO NETO	
AÑO	VALOR
1	30,180.00
2	32,645.00
3	32,737
4	50,484
5	52,400
<b>VAN</b>	<b>\$108,110.02</b>

Realizado por: Pino Byron, 2017

Análisis: El valor actual neto que tendremos después de 5 años de funcionamiento del equipo es de **\$108,110.02** lo que demuestra que la aplicación del protocolo de pruebas es rentable ya que refleja una buena utilidad.

### 3.5.2.3 Determinación de la Tasa Interna de Retorno

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i}$$

**Donde:****n:** Vida Útil**FC:** Flujo de caja**i:** Año de Operación**TIR:** Tasa Interna de Retorno

Recordemos que la TIR es la tasa de descuento en la que es igual el valor de la inversión (pagos) con el valor de los flujos de caja futuros (cobros). Es decir, es el valor de la tasa de descuento en la que la realización del proyecto es indiferente bajo la perspectiva económica. O dicho de otra forma, expresa la tasa de descuento que iguala el valor actualizado de los flujos de fondos netos obtenidos de un proyecto con la inversión realizada para su consecución. Si financiáramos la

inversión a un coste equivalente a esa tasa el proyecto ni aportaría riqueza ni supondría coste económico alguno.

La tasa de descuento es un factor financiero que se utiliza, en general para determinar el valor del dinero en el tiempo y, en particular, para calcular el valor actual de un capital futuro o para evaluar proyectos de inversión.

**Tabla 23-3:** Tasa interna de Retorno

<b>TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)</b>	
<b>TIR</b>	84.61%

Realizado por: Pino Byron, 2017

Análisis: Tenemos un TIR de 84%, esto es muy bueno para la ejecución del proyecto, ya que refleja que es factible y rentable la ejecución del protocolo de pruebas del incinerador.

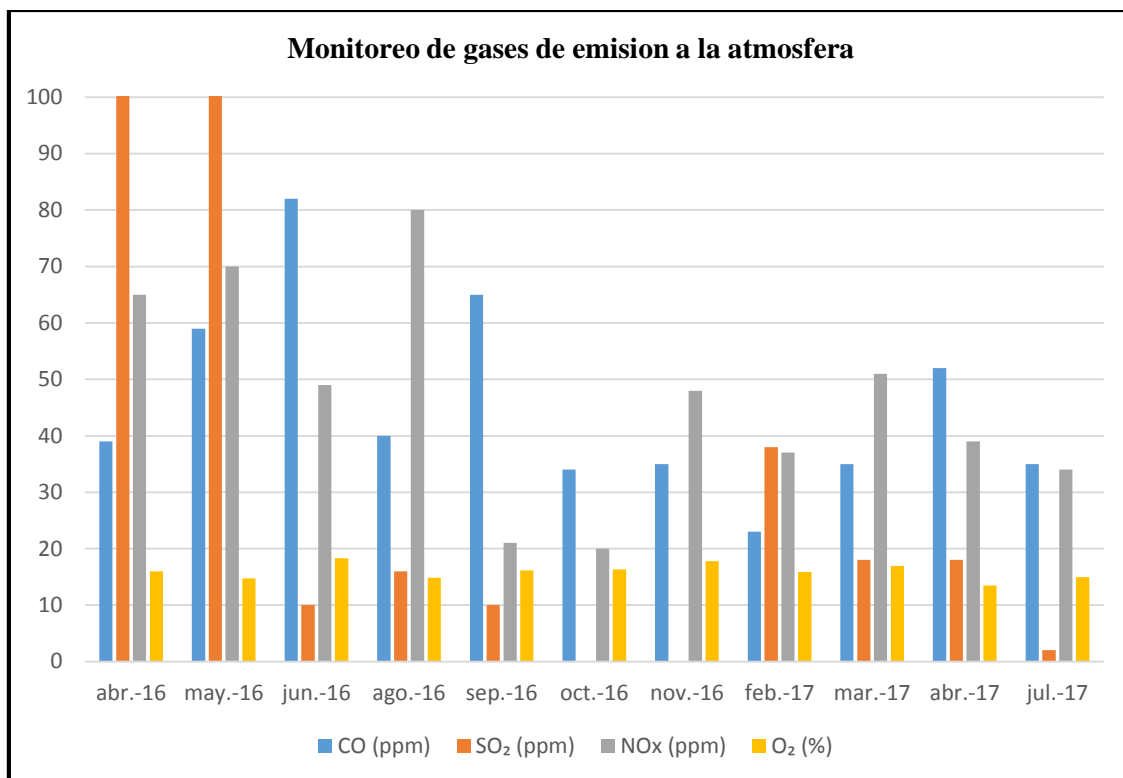
### **3.6 Análisis y discusión de resultados**

Al realizar desarrollar el proyecto se mejoró el manejo de materiales para el menú de carga del incinerador, con lo cual las emisiones de gases cumplen con los límites de la normativa ambiental vigente. Además se puede decir que se mejoró el funcionamiento del equipo de incineración al controlar las principales variables de combustión (temperatura, tiempo de residencia y turbulencia) dentro de las cámaras de combustión.

La potencia del incinerador también mejoró notablemente ya que generalmente se procesaba 8 Toneladas diarias y se logró aumentar esa cifra alcanzando hasta las 12 toneladas por día y cumpliendo con las emisiones de gases a la atmosfera como lo indica en la OM 404 resolución 002.

Otro aspecto importante que se mejoro es el almacenamiento, ya que no se cumplía con lo establecido por la NTE INEN 2266. Ahora el almacenamiento del material se lo realiza en big bags sobre su respectivo pallet y cumpliendo con los espacios de separación correspondientes como indica la norma NTE INEN 2266:2013.

A continuación se muestra una gráfica comparativa de las emisiones gaseosas a la atmosfera:



**Gráfico 1-3:** Comparación de emisiones gaseosas hacia la atmósfera  
**Realizado por:** Pino Byron, 2017

La emisión de dióxido de azufre es un parámetro mediante el cual se evidencia un descontrol en el proceso, con lo cual al comparar se observa un mejor control en el año 2017, ya que en este se ejecutaron los cambios en cuanto al manejo de temperaturas, tiempos de residencia y turbulencia dentro de la cámara de combustión. Además con la elaboración del menú de carga el cual ingresa al incinerador sin alteración de otros componentes se estabiliza el proceso y se mantiene un oxígeno en exceso inferior a 16 %.

Como se observa entre abril del 2016 y abril del 2017 se obtiene un gran mejoramiento ya que las emisiones cumplen con la normativa ambiental vigente, además se evidencia una mayor estabilización a partir del presente año en el proceso de incineración controlada.

### 3.7 Cronograma de ejecución del proyecto

**Tabla 24-3:** Cronograma de actividades, recursos y tiempos a utilizarse en el proyecto

<b>TIEMPO</b>	<b>1</b>				<b>2</b>				<b>3</b>				<b>4</b>				<b>5</b>				<b>6</b>			
<b>Actividades</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Arqueo Bibliográfico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Elaboración del Ante proyecto					■	■	■	■																
Almacenamiento de desechos peligrosos según listado.									■	■	■	■												
Elaboración del Diccionario de Poder Calórico									■	■	■	■												
Preparación del menú de Carga para el Incinerador													■	■										
Caracterización de muestra para el protocolo de pruebas														■	■									
Pruebas Experimentales																	■	■						
Recolección de Datos																	■	■						
Procesamiento de Datos																			■					
Análisis de Datos																			■	■				
Elaboración de Tesis																			■	■	■	■		
Revisión de Tesis																					■	■	■	■

Realizado por: Pino Byron, 2017



## CONCLUSIONES

- Se elaboró un diccionario de poder calorífico de los desechos que ingresan al CGD-Barrotieta, basado en el listado de desechos peligrosos para tratamiento térmico establecido en el Acuerdo Ministerial 142 del Ministerio del Ambiente Ecuador. El diccionario será una base para elaboración de mezclas en el menú de carga ya que se comparó el poder calorífico promedio del menú de carga elaborado que está compuesto por los siguientes códigos MAE: **NE-38:** 342.7 kcal/kg, **NE-49:** 9280.6 kcal/kg, **C.21.03:** 4285.1 kcal/kg, **C.11.01:** 3179.89 kcal/kg, **NE-42:** 5679.66 kcal/kg, **NE-52:** 5536.2 kcal/kg. El promedio de poder calorífico de mezcla es de **4717 kcal/kg**, que comparándolo con el poder calorífico determinado experimentalmente es de **4709 kcal/kg** que son valores aproximados. Por eso la importancia del diccionario de poder calorífico para elaboración de mezclas como menú de carga para el incinerador.
- Para el manejo de los desechos establecido en la norma NTE INEN 2266:2013 “Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. requisitos”. La empresa realizó la señalización de áreas de almacenamiento, los desechos no pueden superar un tiempo mayor a 15 días para su destrucción. Además cuenta con etiquetas con su respectivo código del MAE, Generador, número de manifiesto único de embarque y grado de peligrosidad para que las personas encargadas de manipular el material lo puedan hacer de una manera adecuada. Adicional cuenta con la señalización que indica la normativa para el almacenamiento de los desechos que son pre procesados para obtener el menú de carga del incinerador.
- Para cumplir con la normativa y elaborar el protocolo de pruebas se estableció mezclas de los diferentes tipos de desechos peligros que ingresan a este proceso de estas la mezcla 4 incluye mayor cantidad de desechos y se encuentra dentro de norma en lo que respecta a emisiones gaseosas por lo cual se le considero para los cálculos y para los análisis de laboratorio. Mediante análisis de laboratorio se determinó que tiene una **Densidad** de 0.46 g/cm<sup>3</sup>, **Humedad** de 14.31 % y un **Poder calorífico** de 4709 kcal/kg. Las emisiones de los principales gases emitidos a la atmósfera haciendo uso del menú de carga elaborado cumplen con los límites máximos de emisiones gaseosas de incineradores según la normativa ambiental vigente. Obteniendo valores de **CO:** 86 mg/Nm<sup>3</sup>, **SO<sub>2</sub>:** 68 mg/Nm<sup>3</sup> y **NO<sub>x</sub>:** 93 mg/Nm<sup>3</sup>. Aunque no se ha llegado al 11 % de oxígeno referente en la normativa ambiental vigente se observa que con un 13.48 % de exceso de oxígeno y aplicando la corrección necesaria los valores de las emisiones gaseosas del incinerador cumplen con los límites de emisiones gaseosas de incineradores de la resolución 002 OM-404 de la Secretaria Ambiental

del DMQ. Esto nos indica que se está llevando un mejor control y por ende un mejor funcionamiento del proceso de tratamiento térmico o incineración controlada de desechos peligrosos.

- Mediante el balance de masa se obtuvo la composición del menú de carga utilizado para el protocolo de pruebas el cual nos dio los siguientes valores:  $C=28.707$  kmol/h,  $H_2= 62.63$  kmol/h,  $O_2=112.013$  kmol/h,  $N_2=0.021$  kmol/h y  $S= 0.009$  kmol/h. Mientras que mediante el balance de energía se calculó la entalpía o calor de reacción el cual nos dio un valor de 2741.102 kW o lo que es lo mismo 2.74 MW. Adicional mediante el cálculo de la potencia del incinerador se obtiene un valor de 2.44 MW con lo cual queda demostrado que la potencia del incinerador es superior a **2 MW**.
- El diseño de un protocolo de pruebas químicas constituye un instrumento útil y necesario en el procedimiento de autorización de instalaciones para el tratamiento de residuos peligrosos. Mediante la ejecución de este instrumento, se garantiza la viabilidad de una operación adecuada de una instalación determinada, que inicia la prestación del servicio de incineración de residuos. Este diseño aporta información valiosa para optimizar el proceso de incineración, de manera que pueda ejecutar una operación más eficiente y contribuir de esta manera a evitar afectaciones al medio ambiente y la salud.

## RECOMENDACIONES

- Continuar con la toma de datos para el diccionario de poder calorífico, ya que al no contar con todos los desechos del listado para tratamiento térmico, se debe continuar con la toma de muestras para realizar ensayos de poder calorífico, es de suma importancia que el promedio de poder calorífico del menú de carga refleje un valor más puntual.
- Realizar la ejecución del protocolo de pruebas con la autoridad ambiental, seguir todas las indicaciones que se encuentran en el esquema del protocolo de pruebas, para que estas se ejecuten con normalidad.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para el almacenamiento y manejo de los diferentes desechos que ingresan al CDG-Barrotieta INCINEROX.
- Realizar la calibración del equipo de incineración; tiempos de residencia en cámara, regular el flujo de aire de recirculación del intercambiador de calor y otras adecuaciones del equipo para que con la mezcla elaborada (mayor cantidad de desechos peligrosos) como menú de carga para la ejecución del protocolo de pruebas las emisiones de gases a la atmósfera se encuentren bajo los límites máximos permisibles según la OM404 resolución 002.
- Tomar en cuenta todos los aspectos que se encuentran en el esquema del protocolo de pruebas así como las recomendaciones para las pruebas en blanco, subrogados, con desechos al 85% y 100% de capacidad con desechos peligrosos.
- Realizar mediciones de emisiones de gases diarias, para poder llevar un registro mensual de desechos que ingresan al proceso de tratamiento térmico o incineración controlada y conocer la concentración de los principales gases contaminantes para conocer si se cumple con la normativa ambiental vigente y de no ser el caso aplicar mejoras correctivas.
- El mantenimiento preventivo de los equipos de laboratorio como: Bomba Calorimétrica, Testo 340 y balanza analítica se lo debería realizar semestralmente o por lo menos una vez al año para así asegurar que los valores medidos sean reales. Tomando mucho en cuenta el Testo 340 medidor de gases de combustión que es de gran importancia para conocer en que concentración se están emitiendo los principales gases de la chimenea del incinerador.

## BIBLIOGRAFÍA

- **CENGEL, Yunos; & BOLES, Michael.** *Termodinámica*. 7ª ed. McGraw-Hill, 2011, pp. 79-784
- **DOMÍNGUEZ, Rosas., et al.** “Evaluación de la incineración de residuos peligrosos”. *Gaceta Ecológica* [en línea], 2003 (Distrito Federal-México), (66) pp. 27-40. [Consulta: 04 febrero 2017] .Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906603>
- **ECUADOR. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION.** *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de normalización, 2013.
- **ECUADOR. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION.** *Productos químicos industriales peligrosos. Etiquetado de precaución. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de normalización, 2000.
- **ECUADOR. MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Acuerdo No.026* [en línea]. Procedimientos para: Registro de generadores de desechos peligrosos, Gestión de desechos peligrosos previo al licenciamiento ambiental, y para el transporte de materiales peligrosos. [Consulta: 06 diciembre 2016]. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/acuerdos-ministeriales>
- **ECUADOR. MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Acuerdo No.142* [en línea]. Listado nacional de sustancias químicas peligrosas. [Consulta: 06 diciembre 2016]. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/acuerdos-ministeriales>
- **ESPAÑA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO.** “*Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration.*” [en línea]. Madrid-España: Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos. Incineración de residuos (WI): p8. [Consulta: 04 febrero 2017]. Disponible en: [http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD\\_Incineracion\\_residuos\\_ES.pdf](http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD_Incineracion_residuos_ES.pdf)
- **INCINEROX.** *Gestión integral de desechos peligrosos* [en línea]. Ecuador: Servicios. [Consulta: 06 diciembre 2016]. Disponible en: <http://incinerox.com.ec/>

- **RAMÍREZ SANTA-PAU, F.**; 2008: “Tablas de propiedades termodinámicas de los gases ideales”, Editorial Complutense, Madrid.
- **SOTO V., Federico; OBAYA V., Adolfo; GUERRERO, Claudia.** “Clasificación e identificación de residuos peligrosos”. Journal of the Mexican Chemical Society [en línea], 1996, (Distrito Federal-México) 40(3), pp. 123-130. [Consulta: 04 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47540304>
- **TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hilary; & VIGIL, Samuel.** *Gestión Integral de Desechos Sólidos*. Vol. 1 Madrid: Editorial. McGraw-Hill, 1994, pp.47-48
- **TESTO ARGENTINA SA.** *Centro de Enseñanza* [en línea]. Argentina: 2010 Emisiones. [Consulta: 06 diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.academiatesto.com.ar/cms/centro-interactivo-de-ensenanza>

## **ANEXOS**

**ANEXO A. ENSAYO QUEMADORES**

a)



b)



Notas	Categoría del diagrama	INCINEROX CIA.LTDA PROTOCOLO DE PRUEBAS TRATAMIENTO TERMICO Realizado por: Byron Pino	ENSAYO QUEMADORES		
			Escala	Fecha	Lámina
a) Ajuste del quemador y ensayo b) Medición de temperatura de llama	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información		-	26/04/2017	1

## ANEXO B. PREPARACION MENÚ DE CARGA



Notas	Categoría del diagrama	INCINEROX CIA.LTDA PROTOCOLO DE PRUEBAS TRATAMIENTO TERMICO Realizado por: Byron Pino	PREPARACION MENÚ DE CARGA		
			Escala	Fecha	Lámina
a) Reducción de tamaño de materiales peligrosos haciendo uso de Trituradora de 60 HP b) Mezcla haciendo uso del brazo de Retroexcavadora	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información		-	26/04/2017	2



### ANEXO C. EQUIPO PARA TRATAMIENTO TERMICO

a)



b)



Notas	Categoría del diagrama	INCINEROX CIA.LTDA PROTOCOLO DE PRUEBAS TRATAMIENTO TERMICO Realizado por: Byron Pino	EQUIPO PARA TRATAMIENTO TERMICO		
			Escala	Fecha	Lámina
a) Vista frontal del equipo de incineración ( cámara y post-cámara de combustión)	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información				
b) Torre de lecho Fluidizado y Filtro de mangas			-	26/04/2017	3

**ANEXO D. ALMACENAMIENTO DE DESECHOS**



Notas	Categoría del diagrama	INCINEROX CIA.LTDA PROTOCOLO DE PRUEBAS TRATAMIENTO TERMICO Realizado por: Byron Pino	ALMACENAMIENTO DE DESECHOS		
			Escala	Fecha	Lámina
a) Área de Almacenamiento para menú de carga preparada. b) Desechos Peligrosos almacenados previa elaboración de menú de carga.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información		-	26/04/2017	4

**ANEXO E. COCHE ELVADOR DE CARGA**

a)



Notas	Categoría del diagrama	<b>INCINEROX CIA.LTDA</b> <b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b> <b>TRATAMIENTO TERMICO</b> Realizado por: Byron Pino	EQUIPO PARA TRATAMIENTO TERMICO		
a) Coche transportador de carga de capacidad de 200kg (Cangilón)	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> <b>Información</b>		Escala	Fecha	Lámina
		-	26/04/2017	5	

**ANEXO F. EQUIPO DE LABORATORIO**

a)



b)



Notas	Categoría del diagrama	<b>INCINEROX CIA.LTDA</b> <b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b> <b>TRATAMIENTO TERMICO</b> Realizado por: Byron Pino	EQUIPO DE LABORATORIO		
a) Bomba Calorimétrica Parr 1341  b) Tanque de Oxígeno para usos de Bomba Calorimétrica	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información		Escala	Fecha	Lámina
		-	26/04/2017	6	

**ANEXO G. PODER CALORÍFICO**

a)



b)



Notas	Categoría del diagrama	<b>INCINEROX CIA.LTDA</b> <b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b> <b>TRATAMIENTO TERMICO</b> Realizado por: Byron Pino	PODER CALORÍFICO		
a) Toma de muestras para realizar ensayos de poder calorífico  b) Almacenamiento de muestras	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información		Escala	Fecha	Lámina
				-	26/04/2017

## ANEXO H. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

a)





b)



Notas	Categoría del diagrama	INCINEROX CIA.LTDA PROTOCOLO DE PRUEBAS TRATAMIENTO TERMICO Realizado por: Byron Pino	MANEJO Y ALMACENAMIENTO		
			Escala	Fecha	Lámina
a) Información de sustancias químicas y su compatibilidad	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información				
b) Señalética Área de Incineración			-	26/04/2017	7



**ANEXO I. DATOS DE CAMPO DEL INCINERADOR**

a)

 			
PARÁMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1 24/06/2016	MEDIDA 2 01/11/2016
Material particulado	g/m <sup>3</sup>	0,0176	0,0133
Flujo de gas seco*	m <sup>3</sup> /h	8585,89	8678,84
Dióxido de carbono*	%	4,19	5,06
Oxígeno	%	15,32	14,15
Dióxido de azufre	ppm	25	<10
Monóxido de carbono	ppm	21	<10
Monóxido de nitrógeno	ppm	119	22
Dióxido de nitrógeno	ppm	<10,0	<10,0
Óxidos de nitrógeno	ppm	119	22
Temperatura*	°C	57,6	71,7
Eficiencia global*	%	88,6	88,0
Número de humo*	Escala Bacharach	2	1

(\*) : PARAMETROS FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

b)

 		
PARÁMETROS DEL MONITOREO ISOCINÉTICO Y EQUIPOS UTILIZADOS – INCINERADOR		
PARÁMETRO	UNIDADES*	MEDIDA 1 29/06/2017
Velocidad	m/seg	9,3
Presión de los gases	mmHg	0,32
Fracción seca	%	94,4
Gasto volumétrico	m <sup>3</sup> /min	173,69
Temperatura del medidor de gas seco	°C	18,9
Volumen de agua recolectada impigners y sílica	ml	45,3
Presión barométrica	atm	0,74
Presión estática en el interior de la chimenea	mm H <sub>2</sub> O	3,0
Diámetro interno de boquilla	mm	8,26
Peso del material particulado	g	0,0163
Índice de Isocinetismo	-	103
Equipo monitoreo de emisiones gaseosas	-	EI-50
Equipo monitoreo de material particulado	-	EI-59

(\*) : UNIDADES INDICADAS EN EL ACUERDO MINISTERIAL 097 (TULSMA)

Notas	Categoría del diagrama	INCINEROX CIA.LTDA PROTOCOLO DE PRUEBAS TRATAMIENTO TERMICO Realizado por: Byron Pino	DATOS DE CAMPO DEL INCINERADOR					
a) Valores de Monitoreo Anual realizado por (Monitoreo realizado por CHEMENG)	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información		<table border="1"> <tr> <td>Escala</td> <td>Fecha</td> <td>Lámina</td> </tr> <tr> <td align="center">-</td> <td align="center">08/03/2017</td> <td align="center">8</td> </tr> </table>	Escala	Fecha	Lámina	-	08/03/2017
Escala	Fecha	Lámina						
-	08/03/2017	8						

**ANEXO J. DATOS DE CAMPO DEL INCINERADOR**

a)

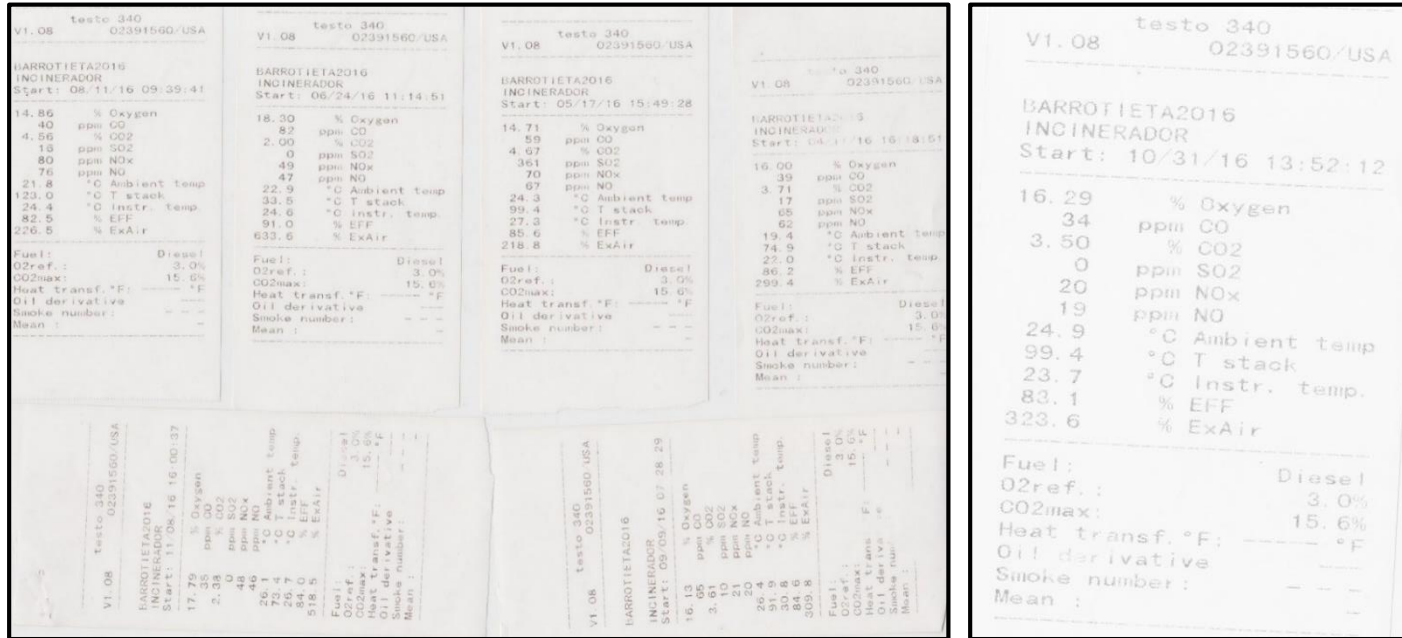
<b>PARAMETROS, METODOLOGIAS Y EQUIPOS PARA EL MONITOREO</b>			
<b>PARAMETRO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>METODO ANALITICO</b>	<b>METODO DE REFERENCIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno</li> <li>• Dióxido de carbono</li> <li>• Temperatura de gases</li> <li>• Monóxido de carbono</li> <li>• Oxidos de nitrógeno (NO + NO<sub>2</sub>)</li> <li>• Dióxido de azufre</li> <li>• Eficiencia de combustión</li> </ul>	<b>ANALIZADORES TESTO 350 MXL</b>	PE/CHEM/01: 2015: Medición de Emisiones Gaseosas	EPA CTM 22 y 30 Determinación por celdas electroquímicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de humo</li> </ul>	<b>BOMBAS DE HUMO BACHARACH</b>	PE/CHEM/02: 2013	---
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material particulado</li> <li>• Flujo de gas seco</li> <li>• Humedad</li> </ul>	<b>MEDIDORES ISOCINETICOS THERMOANDERSEN Y MEDIDORES APEX</b>	PE/CHEM/03:2015: Medición de Material Particulado en Fuentes Fijas de combustión	ASTM 3685 (Equivalente al método EPA 5).

<b>Notas</b>	<b>Categoría del diagrama</b>	<b>INCINEROX CIA.LTDA PROTOCOLO DE PRUEBAS TRATAMIENTO TERMICO</b>	<b>DATOS DE CAMPO DEL INCINERADOR</b>		
			<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>	<b>Lámina</b>
a) Parámetros, metodologías y equipos utilizados (Monitoreo realizado por CHEMENG)	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información	Realizado por: Byron Pino	-	08/03/2017	9



**ANEXO K. MONITOREO CON TESTO 340**

a)



Notas		Categoría del diagrama		MONITOREO CON TESTO 340		
a) Emisiones gaseosas antes de realizar las medidas correctivas en el funcionamiento del equipo	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar	<b>INCINEROX CIA.LTDA</b> <b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b> <b>TRATAMIENTO TERMICO</b> Realizado por: Byron Pino	Escala	Fecha	Lámina
	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por aprobar		-	08/03/2017	10

 Por calificar

 Información

**ANEXO M. MONITOREO CON TESTO 340 (CONTINUACIÓN)**

a)

testo 340 V1.08 02391560-USA	testo 340 V1.08 02391560/USA	testo 340 V1.08 02391560/USA	testo 340 V1.08 02391560-USA
BARROTIETA2016 INCINERADOR Start: 07/04/2017 14:50:25 Fuel: Diesel O2ref.: 3.0% CO2max: 15.6%  14.93 % Oxygen 35 ppm CO 4.51 % CO2 0 ppm SO2 34 ppm NOx 32 ppm NO 21.8 °C Ambient temp 81.2 °C T stack 24.6 °C Instr. temp 87.1 % EFF 230.2 % ExAir  Smoke number --- Mean : --- Oil derivative --- Heat transf °F: --- °F	BARROTIETA2016 INCINERADOR Start: 02/16/17 15:19:57 15.89 % Oxygen 23 ppm CO 3.79 % CO2 38 ppm SO2 37 ppm NOx 35 ppm NO 19.5 °C Ambient temp 72.9 °C T stack 20.2 °C Instr. temp. 86.7 % EFF 291.0 % ExAir  Fuel: Diesel O2ref.: 3.0% CO2max: 15.6% Heat transf. °F: --- °F Oil derivative --- Smoke number: --- Mean : ---	BARROTIETA2016 INCINERADOR Start: 03/01/17 16:05:43 16.93 % Oxygen 35 ppm CO 3.02 % CO2 18 ppm SO2 54 ppm NOx 51 ppm NO 25.7 °C Ambient temp 81.5 °C T stack 27.7 °C Instr. temp. 84.6 % EFF 389.2 % ExAir  Fuel: Diesel O2ref.: 3.0% CO2max: 15.6% Heat transf. °F: --- °F Oil derivative --- Smoke number: --- Mean : ---	BARROTIETA2016 INCINERADOR Start: 04/11/17 12:17:48 13.48 % Oxygen 52 ppm CO 5.58 % CO2 18 ppm SO2 39 ppm NOx 37 ppm NO 25.9 °C Ambient temp 98.4 °C T stack 27.4 °C Instr. temp 87.0 % EFF 167.7 % ExAir  Fuel: Diesel O2ref.: 3.0% CO2max: 15.6% Heat transf. °F: --- °F Oil derivative --- Smoke number: --- Mean : ---

Notas	Categoría del diagrama	INCINEROX CIA.LTDA PROTOCOLO DE PRUEBAS TRATAMIENTO TERMICO Realizado por: Byron Pino	MONITOREO CON TESTO 340		
			Escala	Fecha	Lámina
a) Emisiones gaseosas después de realizar las medidas correctivas en el funcionamiento del equipo	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Información		-	08/03/2017	11

## ANEXO N. ANALISIS DE LABORATORIO



### CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL

**DEPARTAMENTO :  
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)  
RIOBAMBA - ECUADOR  
Telefax: (03) 3013183

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	RS- 28-17
<b>ST:</b>	025 - 17 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	INCINEROX
<b>Atn.</b>	N.A
<b>Dirección:</b>	José Andrade OE1-512 Quito-Pichincha
<b>FECHA:</b>	21 de Agosto del 2017
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2017/ 08/ 05 – 09:00
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	N.A
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2017 /08/ 05 – 2017 / 08/ 21
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Residuo Sólido
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-RS 28-17
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	Rs
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	N.A
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico – Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	N.A
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.:25.0 T min.: 15.0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Densidad aparente	PEE/CESTTA/135	g/cm <sup>3</sup>	0,47	--
Humedad	PEE/CESTTA/80 ASTM D4959	%	14,31	--
Mercurio	EPA 3051 a / EPA 245.5	mg/kg	<0,05	--
Cadmio	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	0,11	--
Talio	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	3,04	--
Antimonio	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	1,16	--
Arsénico	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	<10	--
Plomo	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	146,62	--
Cromo	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	11,14	--
Cobalto	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	1,68	--
Cobre	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	95,24	--
Manganeso	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	48,37	--

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
MC01-16

Página 1 de 2  
Edición 0



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y  
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :  
SERVICIOS DE LABORATORIO**

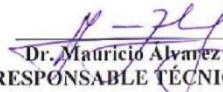
Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)  
RIOBAMBA - ECUADOR  
Telefax: (03) 3013183

Niquel	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	6,58	--
Vanadio	EPA 3051 / 6010 B	mg/kg	18,27	--

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y  
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :  
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)  
RIOBAMBA - ECUADOR  
Telefax: (03) 3013183

**INFORME DE ENSAYO No:  
ST:**

RS- 19-17  
18 - 17 ANÁLISIS DE RESIDUOS SOLIDOS

**Nombre Peticionario:  
Atn.  
Dirección:**

INCINEROX  
NA  
José Andrade OE1-512  
Quito-Pichincha

**FECHA:  
NUMERO DE MUESTRAS:  
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:  
FECHA DE MUESTREO:  
FECHA DE ANÁLISIS:  
TIPO DE MUESTRA:  
CÓDIGO CESTTA:  
CÓDIGO DE LA EMPRESA:  
PUNTO DE MUESTREO:  
ANÁLISIS SOLICITADO:  
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:**

26 de Julio del 2017  
1  
2017/07/14- 12:30  
2017/07/10- 09:00  
2017/07/14- 2017/07/26  
Residuo Líquido  
LAB-RS 19-17  
INX-ML  
Área de incineración  
Físico - Químico  
Byron Pino  
T máx.:25.0 T mín.: 15.0 °C

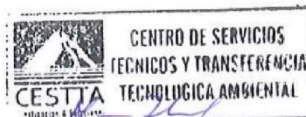
**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Gravedad API	ASTM D 4052	°API	9,1	--
Densidad	ASTM D 4052	g/ml	1,006	--
Densidad Relativa	ASTM D 4052	N/A	1,007	--
Cloro Total	ASTM D7536 MOD	ppm	0,3	--
Vanadio	ASTM D 5708	ppm	1,3	--
Níquel	ASTM D 5708	ppm	4,8	--
Hierro	ASTM D 5708	ppm	14,8	--
Azufre	ASTM D 4294	%p	0,0878	--
Viscosidad cinética @ 104° F/ 40° C	ASTM D 445	mm <sup>2</sup> /s(cSt)	0,8744	--
Contenido de agua y sedimentos	ASTM D 1796	%vol	100,0	--

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**



**Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
MC01-16

Página 1 de 1  
Edición 0

**ANEXO O. LISTADO DE DESECHOS PELIGROSOS PARA TRATAMIENTO  
TERMICO (INCINEROX)**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Código MAE</b>
Disolventes orgánicos agotados en los procesos de extracción de aceites o esencias	<b>C.10.03</b>
Materias primas, productos terminados fuera de especificaciones que contienen sustancias peligrosas.	<b>C.10.04</b>
Aditivos químicos, concentrados de bebidas caducados o fuera de especificaciones	<b>C.11.01</b>
Pigmentos, colorantes, tintas, solventes caducados con características peligrosas	<b>C.13.03</b>
Desechos de pigmentos, colorantes, tintas o análogos que contienen sustancias peligrosas	<b>C.13.04</b>
Lodos de tratamiento de los efluentes que contienen sustancias peligrosas	<b>C.13.05</b>
Residuos del acabado que contengan solventes orgánicos	<b>C.13.06</b>
Desechos de acabo textil con componentes tóxicos como permanganato de potasio o análogos	<b>C.13.07</b>
Lodos generados en el proceso de curtiembre que tengan características de peligrosidad	<b>C.15.03</b>
Desechos de conservantes artificiales de la madera	<b>C.16.01</b>
Desechos de resinas alquídicas, poliéster, acrílicas, poliamidas, epóxicas, formaldehído-urea, fenol formaldehído, poliuretano, barnices, pinturas que contengan sustancias peligrosas	<b>C.16.05</b>
Desechos del reciclado de papel y cartón que contengan materiales peligrosos	<b>C.17.04</b>
Lodos de las PTARI que contengan sustancias peligrosas	<b>C.17.06</b>
Desechos de solventes orgánicos que contienen sustancias peligrosas	<b>C.18.02</b>
Soluciones gastadas de grabado	<b>C.18.03</b>
Lodos de tintas con materiales peligrosos (disolventes halogenados, no halogenados, metales pesados)	<b>C.18.04</b>
Desechos de substratos, resinas, foto polímeros	<b>C.18.06</b>
Productos químicos caducados o fuera de especificaciones, desechos de químicos peligrosos	<b>C.18.07</b>
Lodos, sedimentos del tratamiento de los efluentes que contienen sustancias peligrosas	<b>C.19.02</b>
Slops de petróleo	<b>C.19.03</b>
Lodos de fondos de tanques de hidrocarburos y de agua de formación	<b>C.19.04</b>
Desechos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro proceso pirolítico	<b>C.19.05</b>
Vegetación contaminada con hidrocarburos	<b>C.19.07</b>
Mezclas oleosas agua-hidrocarburos, emulsiones	<b>C.19.08</b>
Desechos de coque que no se reintegren al proceso.	<b>C.19.11</b>
Suelos contaminados con hidrocarburos generados por derrames	<b>C.19.13</b>
Materiales adsorbentes contaminados utilizados en los derrames de hidrocarburos o de sustancias químicas peligrosas	<b>C.19.14</b>
Productos químicos caducados o productos finales de refinación fuera de especificaciones	<b>C.19.15</b>
Materiales plásticos contaminados con hidrocarburos o productos químicos peligrosos	<b>C.19.17</b>
Desechos de las reacciones químicas y conchos de destilación	<b>C.20.04</b>
Solventes orgánicos contaminados, caducados o fuera de especificaciones	<b>C.20.05</b>

Desechos sólidos/pastosos integrados principalmente por pinturas, lacas, barnices, resinas, tintas que contengan solventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	<b>C.20.06</b>
Desechos resultantes de la producción, preparación de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices	<b>C.20.07</b>
Desechos resultantes de la producción, preparación de resinas, látex, plastificantes, colas o adhesivos	<b>C.20.08</b>
Desechos resultantes de la producción, preparación de solventes orgánicos, thinner, diluyentes.	<b>C.20.10</b>
Desechos que contengan solventes orgánicos	<b>C.20.12</b>
Desechos líquidos con tintas, pigmentos, pinturas u otras sustancias peligrosas	<b>C.20.13</b>
Desechos del proceso de producción que contengan sustancias peligrosas	<b>C.20.14</b>
Material adsorbente utilizado en la recolección y limpieza de derrames de materiales peligrosos	<b>C.20.16</b>
Lodos de destilación de solventes o recuperación de solventes contaminados	<b>C.20.20</b>
Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos que contienen constituyentes peligrosos	<b>C.21.01</b>
Desechos resultantes de la producción y preparación de productos veterinarios que contienen constituyentes peligrosos	<b>C.21.02</b>
Medicamentos, productos farmacéuticos, psicotrópicos, botánicos y veterinarios fuera de especificaciones o caducados	<b>C.21.03</b>
Materias primas caducadas o fuera de especificaciones	<b>C.21.05</b>
Lodos del tratamiento de aguas residuales que contienen materiales peligrosos	<b>C.22.02</b>
Desechos de solventes contaminados	<b>C.22.03</b>
Desechos de la destilación de solventes	<b>C.22.04</b>
Lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales	<b>C.24.01</b>
Baños y enjuagues de desengrase, decapado, activado y otros procesos del tratamiento de superficie de metales, que contengan materiales peligrosos	<b>C.25.01</b>
Desechos sólidos que contienen sustancias peligrosas	<b>C.25.05</b>
Aceites gastados de corte y enfriamiento en las operaciones de talleres de maquinado	<b>C.25.06</b>
Aceites gastados y lodos de los tanques de enfriamiento con aceites utilizados en las operaciones de tratamiento en caliente de metales	<b>C.25.07</b>
Desechos de solventes empleados en la limpieza de circuitos electrónicos	<b>C.26.01</b>
Lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales que contienen sustancias peligrosas	<b>C.27.02</b>
Lodos que contienen pintura, barniz, solventes u otras sustancias peligrosas	<b>C.29.04</b>
Desechos de pintura, barniz, solventes, líquidos de frenos, aceites minerales u otros productos químicos peligrosos fuera de especificaciones	<b>C.29.05</b>
Lodos que contienen pintura, barniz, solventes u otras sustancias peligrosas	<b>C.30.04</b>
Desechos de pintura, barniz, solvente aceites minerales u otros productos químicos peligrosos fuera de especificaciones	<b>C.30.05</b>
Desechos de pintura, barnices, lacas, solventes, conservantes contaminados	<b>C.31.01</b>
Emulsiones aceites-agua	<b>C.33.03</b>
Aceites térmicos usados	<b>D.35.04</b>
Desechos de mezclas bituminosas fuera de especificaciones	<b>F.42.01</b>
Suelos y materiales contaminados con hidrocarburos u otras sustancias peligrosas	<b>F.42.02</b>
Tinta residual, solventes contaminados, mezclas que contienen sustancias peligrosas	<b>G.46.04</b>
Desechos (excepto envases de plaguicidas) contaminados con sustancias peligrosas	<b>G.46.07</b>

Lodos de tanques de almacenamiento de combustibles	<b>G.46.08</b>
Desechos líquidos de la limpieza de carros cisternas (tanqueros) de transporte terrestre que contengan productos químicos peligrosos y desechos peligrosos	<b>H.49.01</b>
Agua de sentina, mezclas oleosas	<b>H.50.01</b>
Productos químicos declarados en abandono, caducados, productos no identificados, incluidos los desechos generados en los terminales portuarios/aéreos	<b>H.52.01</b>
Desechos sólidos contaminados con materiales peligrosos	<b>H.52.02</b>
Material adsorbente del derrame de materiales peligrosos	<b>H.52.04</b>
Desechos de tintas, tintas caducadas, fuera de especificaciones o que contienen sustancias peligrosas	<b>J.58.01</b>
Solventes orgánicos no recuperados, desechos de solventes que contienen sustancias peligrosas	<b>J.58.02</b>
Aguas residuales sin tratamiento generadas en laboratorios de ensayos y análisis, que contienen sustancias peligrosas	<b>M.71.01</b>
Aguas residuales sin tratamiento generadas en laboratorios de investigación y desarrollo, que contienen sustancias peligrosas	<b>M.72.01</b>
Fármacos veterinarios caducados o fuera de especificaciones	<b>M.75.04</b>
Fármacos caducados o fuera de especificaciones	<b>Q.86.08</b>
Aceites dieléctricos usados que no contengan bifenilopoliclorados (PBC), terfenilopoliclorados (PCT) o bifenilopolibromados (PBB)	<b>NE-01</b>
Aceites minerales usados o gastados	<b>NE-03</b>
Aguas de sentina	<b>NE-05</b>
Desechos de asfalto con contenido de alquitrán resultante de la construcción y el mantenimiento de carreteras	<b>NE-14</b>
Desechos de los baños de aceite en las operaciones de tratamiento térmico de metales	<b>NE-17</b>
Emulsiones bituminosas	<b>NE-26</b>
Envases contaminados con materiales peligrosos	<b>NE-27</b>
Envases y contenedores vacíos de materiales tóxicos sin previo tratamiento	<b>NE-29</b>
Equipo de protección personal contaminado con materiales peligrosos	<b>NE-30</b>
Filtros usados de aceite mineral	<b>NE-32</b>
Aceites, grasas y ceras usadas o fuera de especificaciones	<b>NE-34</b>
Hidrocarburos sucios o contaminados con otras sustancias	<b>NE-35</b>
Lodos de aceite	<b>NE-36</b>
Lodos de sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas que contengan materiales peligrosos	<b>NE-37</b>
Lodos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos	<b>NE-38</b>
Material adsorbente contaminado con hidrocarburos: waipes, paños, trapos, aserrín, barreras adsorbentes y otros materiales sólidos adsorbentes	<b>NE-42</b>
Material adsorbente contaminado con sustancias químicas peligrosas: waipes, paños, trapos, aserrín, barreras adsorbentes y otros materiales sólidos adsorbentes	<b>NE-43</b>
Material de embalaje contaminado con restos de sustancias o desechos peligrosos	<b>NE-44</b>
Mezclas oleosas, emulsiones de hidrocarburos- agua, desechos de taladrina	<b>NE-45</b>
Productos farmacéuticos caducados o fuera de especificaciones generados en empresas no farmacéuticas	<b>NE-47</b>
Residuos de tintas, pinturas, resinas que contengan sustancias peligrosas y exhiban características de peligrosidad	<b>NE-49</b>
Sedimentos o colas de la recuperación de solventes orgánicos	<b>NE-50</b>
Solventes orgánicos gastados y mezclas de solventes gastados	<b>NE-51</b>
Suelos contaminados con materiales peligrosos	<b>NE-52</b>



**ANEXO P. LISTADO DE DESECHOS (SUBGRUPOS)**

<b>ACEITES</b>	<b>CODIGO</b>
Disolventes orgánicos agotados en los procesos de extracción de aceites o esencias	<b>C.10.03</b>
Mezclas oleosas agua-hidrocarburos, emulsiones	<b>C.19.08</b>
Aceites gastados de corte y enfriamiento en las operaciones de talleres de maquinado	<b>C.25.06</b>
Aceites gastados y lodos de los tanques de enfriamiento con aceites utilizados en las operaciones de tratamiento en caliente de metales	<b>C.25.07</b>
Emulsiones aceites-agua	<b>C.33.03</b>
Aceites térmicos usados	<b>D.35.04</b>
Agua de sentina, mezclas oleosas	<b>H.50.01</b>
Aceites dieléctricos usados que no contengan bifenilopoliclorados (PBC), terfenilopoliclorados (PCT) o bifenilopolibromados (PBB)	<b>NE-01</b>
Aceites minerales usados o gastados	<b>NE-03</b>
Aguas de sentina	<b>NE-05</b>
Desechos de asfalto con contenido de alquitrán resultante de la construcción y el mantenimiento de carreteras	<b>NE-14</b>
Desechos de los baños de aceite en las operaciones de tratamiento térmico de metales	<b>NE-17</b>
Emulsiones bituminosas	<b>NE-26</b>
Aceites, grasas y ceras usadas o fuera de especificaciones	<b>NE-34</b>
Mezclas oleosas, emulsiones de hidrocarburos- agua, desechos de taladrina	<b>NE-45</b>

<b>AGUAS RESIDUALES</b>	<b>CODIGO</b>
Desechos de conservantes artificiales de la madera	<b>C.16.01</b>
Aguas residuales sin tratamiento generadas en laboratorios de ensayos y análisis, que contienen sustancias peligrosas	<b>M.71.01</b>
Aguas residuales sin tratamiento generadas en laboratorios de investigación y desarrollo, que contienen sustancias peligrosas	<b>M.72.01</b>

<b>LODOS</b>	<b>CODIGO</b>
Desechos de pigmentos, colorantes, tintas o análogos que contienen sustancias peligrosas	<b>C.13.04</b>
Lodos de tratamiento de los efluentes que contienen sustancias peligrosas	<b>C.13.05</b>
Desechos de acabo textil con componentes tóxicos como permanganato de potasio o análogos	<b>C.13.07</b>
Lodos generados en el proceso de curtiembre que tengan características de peligrosidad	<b>C.15.03</b>
Lodos de las PTARI que contengan sustancias peligrosas	<b>C.17.06</b>
Lodos de tintas con materiales peligrosos (disolventes halogenados, no halogenados, metales pesados)	<b>C.18.04</b>
Lodos, sedimentos del tratamiento de los efluentes que contienen sustancias peligrosas	<b>C.19.02</b>
Lodos del tratamiento de aguas residuales que contienen materiales peligrosos	<b>C.22.02</b>
Lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales	<b>C.24.01</b>
Lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales que contienen sustancias peligrosas	<b>C.27.02</b>
Lodos que contienen pintura, barniz, solventes u otras sustancias peligrosas	<b>C.29.04</b>

Lodos que contienen pintura, barniz, solventes u otras sustancias peligrosas	<b>C.30.04</b>
Lodos de tanques de almacenamiento de combustibles	<b>G.46.08</b>
Lodos de aceite	<b>NE-36</b>
Lodos de sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas que contengan materiales peligrosos	<b>NE-37</b>

<b>FARMACEUTICOS</b>	<b>CODIGO</b>
Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos que contienen constituyentes peligrosos	<b>C.21.01</b>
Desechos resultantes de la producción y preparación de productos veterinarios que contienen constituyentes peligrosos	<b>C.21.02</b>
Medicamentos, productos farmacéuticos, psicotrópicos, botánicos y veterinarios fuera de especificaciones o caducados	<b>C.21.03</b>
Fármacos veterinarios caducados o fuera de especificaciones	<b>M.75.04</b>
Fármacos caducados o fuera de especificaciones	<b>Q.86.08</b>
Productos farmacéuticos caducados o fuera de especificaciones generados en empresas no farmacéuticas	<b>NE-47</b>

<b>PRODUCTOS QUIMICOS</b>	<b>CODIGO</b>
Materias primas, productos terminados fuera de especificaciones que contienen sustancias peligrosas.	<b>C.10.04</b>
Aditivos químicos, concentrados de bebidas caducados o fuera de especificaciones	<b>C.11.01</b>

<b>HIDROCARBUROS</b>	<b>CODIGO</b>
Slops de petróleo	<b>C.19.03</b>
Desechos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro proceso pirolítico	<b>C.19.05</b>
Vegetación contaminada con hidrocarburos	<b>C.19.07</b>
Desechos de coque que no se reintegren al proceso.	<b>C.19.11</b>
Materiales adsorbentes contaminados utilizados en los derrames de hidrocarburos o de sustancias químicas peligrosas	<b>C.19.14</b>
Materiales plásticos contaminados con hidrocarburos o productos químicos peligrosos	<b>C.19.17</b>
Desechos de las reacciones químicas y conchos de destilación	<b>C.20.04</b>
Desechos del proceso de producción que contengan sustancias peligrosas	<b>C.20.14</b>
Material adsorbente utilizado en la recolección y limpieza de derrames de materiales peligrosos	<b>C.20.16</b>
Baños y enjuagues de desengrase, decapado, activado y otros procesos del tratamiento de superficie de metales, que contengan materiales peligrosos	<b>C.25.01</b>
Desechos sólidos que contienen sustancias peligrosas	<b>C.25.05</b>
Desechos sólidos contaminados con materiales peligrosos	<b>H.52.02</b>
Material adsorbente del derrame de materiales peligrosos	<b>H.52.04</b>
Envases contaminados con materiales peligrosos	<b>NE-27</b>
Envases y contenedores vacíos de materiales tóxicos sin previo tratamiento	<b>NE-29</b>
Equipo de protección personal contaminado con materiales peligrosos	<b>NE-30</b>
Filtros usados de aceite mineral	<b>NE-32</b>
Hidrocarburos sucios o contaminados con otras sustancias	<b>NE-35</b>

Lodos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos	<b>NE-38</b>
Material adsorbente contaminado con hidrocarburos: waipes, paños, trapos, aserrín, barreras adsorbentes y otros materiales sólidos adsorbentes	<b>NE-42</b>
Material adsorbente contaminado con sustancias químicas peligrosas: waipes, paños, trapos, aserrín, barreras adsorbentes y otros materiales sólidos adsorbentes	<b>NE-43</b>
Material de embalaje contaminado con restos de sustancias o desechos peligrosos	<b>NE-44</b>

<b>SUELOS CONTAMINADOS</b>	<b>CODIGO</b>
Suelos contaminados con hidrocarburos generados por derrames	<b>C.19.13</b>
Suelos y materiales contaminados con hidrocarburos u otras sustancias peligrosas	<b>F.42.02</b>
Suelos contaminados con materiales peligrosos	<b>NE-52</b>

<b>DESECHOS DE PINTURA Y SOLVENTES ORGANICOS</b>	<b>CODIGO</b>
Pigmentos, colorantes, tintas, solventes caducados con características peligrosas	<b>C.13.03</b>
Residuos del acabado que contengan solventes orgánicos	<b>C.13.06</b>
Desechos de resinas alquídicas, poliéster, acrílicas, poliamidas, epóxicas, formaldehído-urea, fenol-formaldehído, poliuretano, barnices, pinturas que contengan sustancias peligrosas	<b>C.16.05</b>
Desechos del reciclado de papel y cartón que contengan materiales peligrosos	<b>C.17.04</b>
Desechos de solventes orgánicos que contienen sustancias peligrosas	<b>C.18.02</b>
Soluciones gastadas de grabado	<b>C.18.03</b>
Desechos de sustratos, resinas, foto polímeros	<b>C.18.06</b>
Productos químicos caducados o fuera de especificaciones, desechos de químicos peligrosos	<b>C.18.07</b>
Lodos de fondos de tanques de hidrocarburos y de agua de formación	<b>C.19.04</b>
Productos químicos caducados o productos finales de refinación fuera de especificaciones	<b>C.19.15</b>
Solventes orgánicos contaminados, caducados o fuera de especificaciones	<b>C.20.05</b>
Desechos sólidos/pastosos integrados principalmente por pinturas, lacas, barnices, resinas, tintas que contengan solventes orgánicos u otras sustancias peligrosas	<b>C.20.06</b>
Desechos resultantes de la producción, preparación de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices	<b>C.20.07</b>
Desechos resultantes de la producción, preparación de resinas, látex, plastificantes, colas o adhesivos	<b>C.20.08</b>
Desechos resultantes de la producción, preparación de solventes orgánicos, thinner, diluyentes.	<b>C.20.10</b>
Desechos que contengan solventes orgánicos	<b>C.20.12</b>
Desechos líquidos con tintas, pigmentos, pinturas u otras sustancias peligrosas	<b>C.20.13</b>
Lodos de destilación de solventes o recuperación de solventes contaminados	<b>C.20.20</b>
Materias primas caducadas o fuera de especificaciones	<b>C.21.05</b>
Desechos de solventes contaminados	<b>C.22.03</b>
Desechos de la destilación de solventes	<b>C.22.04</b>
Desechos de solventes empleados en la limpieza de circuitos electrónicos	<b>C.26.01</b>
Desechos de pintura, barniz, solventes, líquidos de frenos, aceites minerales u otros productos químicos peligrosos fuera de especificaciones	<b>C.29.05</b>
Desechos de pintura, barniz, solvente aceites minerales u otros productos químicos peligrosos fuera de especificaciones	<b>C.30.05</b>
Desechos de pintura, barnices, lacas, solventes, conservantes contaminados	<b>C.31.01</b>

Desechos de mezclas bituminosas fuera de especificaciones	<b>F.42.01</b>
Tinta residual, solventes contaminados, mezclas que contienen sustancias peligrosas	<b>G.46.04</b>
Desechos líquidos de la limpieza de carros cisternas (tanqueros) de transporte terrestre que contengan productos químicos peligrosos y desechos peligrosos	<b>H.49.01</b>
Desechos de tintas, tintas caducadas, fuera de especificaciones o que contienen sustancias peligrosas	<b>J.58.01</b>
Solventes orgánicos no recuperados, desechos de solventes que contienen sustancias peligrosas	<b>J.58.02</b>
Residuos de tintas, pinturas, resinas que contengan sustancias peligrosas y exhiban características de peligrosidad	<b>NE-49</b>
Sedimentos o colas de la recuperación de solventes orgánicos	<b>NE-50</b>
Solventes orgánicos gastados y mezclas de solventes gastados	<b>NE-51</b>