



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"DISEÑO TECNICO-AMBIENTAL, PARA LA  
INSTALACION DE UNA PLANTA DE  
INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS, EN  
EL ESTADO DE MEXICO"

T E S I S  
Que para obtener el Título de  
INGENIERO QUIMICO  
p r e s e n t a

FRANCISCO JAVIER MARIN GUZMAN

ASESOR DE TESIS:  
ING. RODOLFO TORRES BARRERA



México, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

"DISEÑO TECNICO-AMBIENTAL,  
PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA DE  
INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS, EN EL  
ESTADO DE MEXICO".

TESIS,  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO, PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER MARIN GUZMAN.

MEXICO, D.F.

1995.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

\* JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: ING. EDUARDO ROJO Y DE REGIL.  
VOCAL: M. EN I. JOSE FRANCISCO GUERRA RECASENS.  
SECRETARIO: ING. RODOLFO TORRES BARRERA.  
PRIMER SUPLENTE: M. EN I. RAMON ARNAUD HUERTA.  
SEGUNDO SUPLENTE: DR. VICTOR MANUEL LUNA PABELLO.

\* SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

TALLER DE LA EMPRESA: INCINERADORA DE RESIDUOS SOLIDOS, S.A. DE C.V.

\* ASESOR DEL TEMA:

ING. RODOLFO TORRES BARRERA .

\* SUPERVISOR TECNICO:

M. EN I. FRANCISCO JAVIER MARIN VASSALLO.

\* SUSTENTANTE:

FRANCISCO JAVIER MARIN GUZMAN.

C O N T E N I D O :

	Página:
AGRADECIMIENTOS.....	5
ALGUIEN. Henry Michaux.....	7
INDICE DE TABLAS.....	8
INDICE DE DIAGRAMAS.....	9
INDICE DE PLANOS.....	10
Capítulo:	
I. OBJETIVOS.....	11
II. INTRODUCCION.....	13
III. ESTUDIO TECNICO.....	18
III.1) <u>EL PROCESO DE INCINERACION COMO ELIMINADOR DE RESIDUOS SOLIDOS</u> .....	19
III.2) <u>DISEÑO TECNICO DE LOS EQUIPOS DE INCINERACION</u> .....	23
III.3) <u>DISEÑO AMBIENTAL DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS</u> .....	25
III.4) <u>EXPERIENCIAS EN LA ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS, CON PLAN- TAS DE INCINERACION</u> .....	30
III.5) <u>DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE SERVICIOS DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN MEXICO</u> .....	33

Capitulo:	Página:
IV. ESTUDIO AMBIENTAL.....	36
IV.1) <u>DESCRIPCION Y CLASIFICACION GENERAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS</u> .....	37
IV.2) <u>DESCRIPCION GENERAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE MEXICO, D.F.</u> .....	42
IV.3) <u>LEGISLACION AMBIENTAL NACIONAL, APLICABLE A PLANTAS DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS</u> .....	47
IV.4) <u>PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL ESTADO DE MEXICO</u> .....	56
V. DISEÑO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION, DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.....	58
V.1) <u>DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA DE INCINERACION</u> .....	59
V.2) <u>LOCALIZACION DE LA PLANTA DE INCINERACION</u> .....	61
V.3) <u>DISEÑO E INGENIERIA CONCEPTUAL, REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS, INSTALACIONES Y CONSTRUCCIONES DE LA PLANTA</u> .....	65
V.4) <u>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES, PARA LA INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA</u> .....	92
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
VI.1) <u>CONCLUSIONES</u> :.....	95
VI.2) <u>RECOMENDACIONES</u> :.....	98
VII. BIBLIOGRAFIA.....	99

AGRADECIMIENTOS:

Con mucho cariño, eterna  
gratitud, profundo respeto y  
admiración: A Mis Padres,  
Ing. Francisco J. Marin Vassallo.  
Sra. Rubicelia Guzmán de Marin.

Con una gran estimación:  
A Mis Hermanos,  
Juan Carlos y Ruby Esmeralda.

Respetuosamente:  
A los Maestros, a las  
Instituciones Educativas,  
y a los Libros ó Ediciones,  
que me brindaron sus conocimientos.

A todas aquellas personas  
e instituciones que, de  
manera directa o indirecta,  
participaron en la elaboración  
de éste trabajo. En especial, al  
Ing. Miguel Angel García Lara.

AGRADECIMIENTOS:

Un agradecimiento muy especial a las siguientes instituciones, que amablemente participaron en la elaboración de éste trabajo:

INCINERADORA DE RESIDUOS SOLIDOS, S.A. DE C.V.

SERVICIOS PROFESIONALES EN CONTROL DE CONTAMINANTES, S.A. DE C.V.

GRUPO NAUTILUS DE MEXICO, S.A. DE C.V.

BUFETE INDUSTRIAL INGENIERIA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS URBANOS/DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL. (D.G.S.U./D.D.F.)

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA/SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA. (I.N.E./SEMARNAP).

SECRETARIA DE SALUD. (S.S.)

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO. (I.S.S.S.T.E.)

GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO. SECRETARIA DE ECOLOGIA.

INSTITUTO DE SALUD DEL ESTADO DE MEXICO. (I.S.E.M.)

ASOCIACION MEXICANA PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS, A.C. (AMCRESPEC)

**ALGUIEN.**

Estamos arrojando la tierra al mar  
queriendo que vuelva a su origen;  
alguien se va, alguien se ha ido,  
le vemos atardecer en ésta obscuridad,  
los hechos se olvidan.

¿ Cómo fué el día ?.  
Sentía en su pecho  
al hogar lejano,  
la Luna le abría los ojos  
a un nuevo horizonte  
y las estrellas brillaron  
marcando el camino;  
alguien se va, alguien se ha ido,  
miren al cielo, lean el adiós.

No rasquen sus ropas,  
celebren !,  
brindemos todos por alguien,  
lancemos sus cenizas al mar.

H. Michaux.  
(1899- )

**INDICE DE TABLAS :**

TABLA NO.:		Página:
II.1.A.	Contaminantes generados durante la combustión de residuos.....	16
III.5.A.	Muestra de la estimación de la demanda de servicios de incineración de residuos sólidos orgánicos y hospitalarios.....	34
IV.1.A.	Clasificación general de los residuos sólidos.....	40
IV.1.B.	Clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.....	41
IV.2.A.	Rapidez de generación de residuos sólidos en la Cd. de México, D.F.....	43
IV.2.B.	Tabla comparativa de los procesos de disposición final de residuos sólidos hospitalarios, en Alemania.....	46
IV.3.A.	Niveles máximos de emisión a la atmósfera de los equipos de incineración, según el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1994.....	51
IV.3.B.	Información preliminar que debe de presentar una empresa, para evaluar la autorización y operación de un incinerador, en México.....	53
V.1.A.	Demanda de servicios de incineración de residuos orgánicos y hospitalarios, para el Distrito Federal y el Estado de México.....	60
V.4.A.	Cronograma de actividades para la instalación y puesta en marcha de la planta de incineración.....	93

**INDICE DE DIAGRAMAS :**

Diagrama:	Página:
1 Diagrama esquemático del funcionamiento de una planta de incineración de residuos sólidos.....	29
2 Diagrama de flujo del proceso de incineración-cremación de residuos sólidos.....	68
3 Diagrama esquemático de un equipo de incineración de residuos sólidos.....	77

**INDICE DE PLANOS :**

<b>Plano:</b>		<b>Página:</b>
1	Plano de localización de la planta de incineración de residuos sólidos.....	63
2	Plano de arreglo general de la planta de incineración de residuos sólidos, (8993-ARG-001).....	89
3	Plano de perspectiva arquitectónica de la planta de incineración de residuos sólidos, (8993-ARQ-001).....	90

**I. OBJETIVOS.**

## CAPITULO I.

### OBJETIVOS.

Los principales objetivos que se plantean en la realización de este "Diseño Técnico Ambiental, para la Instalación de una Planta de Incineración de Residuos Sólidos, en el Estado de México.", son los siguientes:(1)

- Confirmar que el proceso de incineración de residuos sólidos es un medio de eliminación de contaminantes.
- Contar con un equipo ambientalmente sano, para ofrecer el servicio de incineración a generadores de residuos sólidos, domésticos y hospitalarios.
- Desarrollar el diseño básico de un sistema de incineración de residuos sólidos, ambientalmente sano, que permita integrarse a los requerimientos de una planta de incineración.
- Mencionar las experiencias que en el control de residuos sólidos, han tenido varios países utilizando plantas de incineración.
- Indicar la legislación ambiental nacional, a la cual deben de apegarse las plantas de incineración de residuos sólidos.
- Proponer la instalación de una planta de incineración de residuos sólidos, y presentarla como una alternativa para la destrucción de los residuos sólidos, en la Ciudad de México, D.F., y su Zona Conurbada con el Estado de México, fundamentando los requerimientos de incineración mediante una muestra representativa.
- Definir los requerimientos básicos de ingeniería, para la construcción de una planta de incineración de residuos sólidos.
- Elaborar un cronograma de actividades que ilustre el proceso constructivo de una planta de incineración.

---

(1). Anderson, J. Durston, B.H. y Poole, M. 1972, Redacción de Tesis y Trabajos Escolares. (1a. Ed.), Traducido por: Andrés Ma. Mateos, México: Diana.

**II. INTRODUCCION.**

## CAPITULO II.

### INTRODUCCION.

La incineración de los residuos sólidos municipales, es una práctica muy antigua realizada en sus inicios con métodos rudimentarios, como lo era el simple hecho de prenderle fuego a un montón de hojas secas o yesca. La ceniza resultante de esta operación, normalmente se utilizaba como un elemento auxiliar en la agricultura. Estas prácticas poco eficientes e inseguras, con el tiempo se volvieron altamente contaminantes, por lo que fueron gradualmente sustituidas por procesos más complejos y eficientes, hasta llegar a los modernos y avanzados sistemas de incineración que existen en la actualidad.

La incineración se define como un proceso de reducción en peso y volumen de los residuos sólidos, mediante su combustión controlada. Las reducciones que se logran con este proceso, varían del 85% al 95% en peso, dependiendo de la composición de los residuos. El concepto teórico de la incineración, establece una reacción química entre el combustible y el comburente, en donde la basura como combustible, libera energía térmica a medida que es quemada.

Las primeras instalaciones para la incineración de los residuos sólidos municipales, se construyeron en Europa a finales del siglo pasado. Ejemplo de ello, es el incinerador construido en 1874, en la ciudad de Nottingham, Inglaterra. Sin embargo, fué a partir del inicio de este siglo, que los incineradores empezaron a ser utilizados mas ampliamente como una forma de eliminación de los residuos sólidos urbanos, como lo son los incineradores municipales de las capitales europeas y de las grandes ciudades estadounidenses. Resultado de esta situación, fué que a finales de la 2a. década de este siglo, operaban en Europa alrededor de 300 instalaciones para la incineración de residuos sólidos municipales, mientras que en los Estados Unidos, existían cerca de 200 plantas de incineración operando con regularidad. A partir de los años 50's, se inició la automatización de los incineradores, tornándose por este hecho, en instalaciones más eficientes. A últimas fechas, los sistemas de incineración se han desarrollado exhaustivamente, debido principalmente a la crisis mundial de energéticos que se presentó a principios de la década de los 70's, la cual exigió buscar combustibles alternativos a los derivados del petróleo, por lo que el aprovechamiento del calor generado a partir de la incineración de los residuos sólidos, alcanzó un mayor desarrollo en aquellos países con escasez de energéticos. Actualmente, la recuperación de energía a partir de la incineración de los residuos sólidos es cada vez mas creciente.

De hecho, en el continente europeo, la incineración de basuras se utiliza de manera alterna para generar vapor de agua como medio de calefacción doméstica, y así, proporcionar confort a la población durante la época invernal, la cual es muy fría.

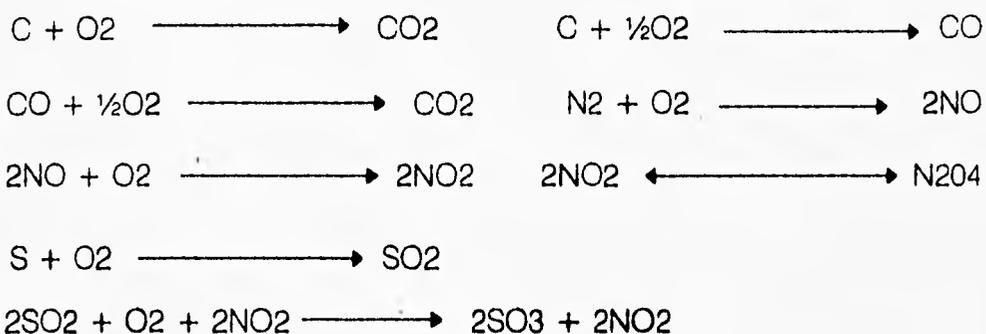
Los principales componentes, de los gases de combustión del proceso de incineración son partículas en suspensión, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), así como gases inertes debidos a la propia basura y al aire utilizado como fuente de oxígeno. Cuando la combustión es incompleta puede aparecer monóxido de carbono. Si la combustión se realiza a temperaturas elevadas pueden producirse los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>); aunque cabe aclarar que estos compuestos, se generan por cambios en la temperatura del proceso y por el nitrógeno presente en el aire, y no por el contenido de este elemento en los residuos sólidos. También pueden encontrarse metales pesados, si los residuos a incinerar los contienen.

Por otro lado, dentro de las emisiones a la atmósfera, también puede haber presencia de ácido clorhídrico (HCl) así como de dibenzofuranos y dibenzodioxinas, siempre y cuando los residuos contengan compuestos clorados. Estos últimos compuestos, representan un grave peligro para la salud humana, pues se depositan en los tejidos grasos del cuerpo, provocando enfermedades tales como el cloroacné, dermatitis, y en ocasiones cáncer de piel.

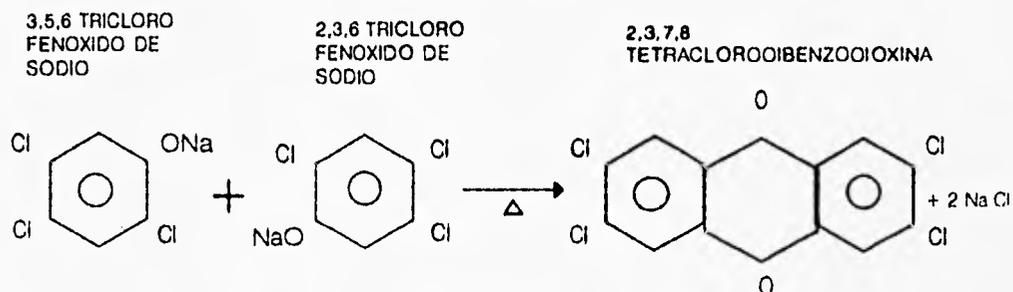
Las dibenzodioxinas policloradas y los dibenzofuranos policlorados, son productos de una reacción incompleta entre Fenóxidos de Sodio Policlorados y el Tricloro Fenol. Estos compuestos deben su carácter tan temido, a los efectos tóxicos que causó sobre el ambiente una fuga accidental de 2,3,7,8 Tetraclorodibenzodioxina de una planta productora de Triclorofenol, en Seveso, Italia, en Julio de 1976. También, estos compuestos tóxicos causaron la muerte de muchas aves de los bosques suizos, principalmente búhos y lechuzas en Febrero de 1990, como consecuencia de un incinerador ubicado en las afueras de la ciudad de Basilea, que destruía de manera incompleta Cloruro de Polivinilo, Askareles y Bifenilos, los cuales por oxidación son los generadores principales de dibenzodioxinas y dibenzofuranos policlorados. Las temperaturas de destrucción de los Askareles y Bifenilos, así como de los compuestos halogenados, deberán de ser superiores a los 1300 grados centígrados, para lo cual se requiere un incinerador industrial de gran capacidad de destrucción, y que además cuente con avanzados sistemas de control de emisiones. En la TABLA II.1.A, se presentan las reacciones principales de generación de contaminantes, en equipos de combustión.

**TABLA II.1.A.**  
**CONTAMINANTES GENERADOS DURANTE LA COMBUSTION DE RESIDUOS.**

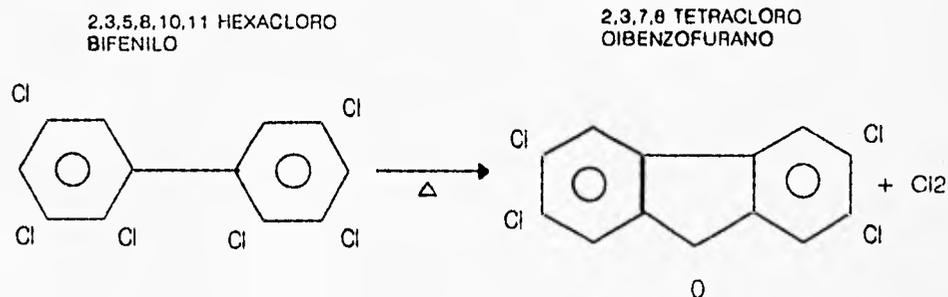
REACCIONES MAS COMUNES DURANTE LA COMBUSTION DE RESIDUOS SOLIDOS.



REACCION MAS COMUN DE OBTENCION DE DIBENZODIOXINAS POLICLORADAS.



REACCION MAS COMUN DE OBTENCION DE DIBENZOFURANOS POLICLORADOS.



Por otra parte, dentro de los productos de oxidación térmica de los residuos sólidos, se genera agua, cenizas y escorias conteniendo metales, vidrios, piedras y materiales inertes, los cuales se precipitan en el fondo de los incineradores, en una mezcla heterogénea a la que comúnmente se le denomina cenizas. Las cenizas se han de analizar químicamente y si existe la presencia de metales pesados como el níquel, cromo, cadmio, etc., u otro compuesto que pueda ser dañino al ambiente, se confinarán en rellenos sanitarios industriales; si por el contrario, no representan riesgo alguno, se dispondrán en los rellenos sanitarios municipales, sin confinar.

El proceso de incineración de residuos, cuenta en la actualidad con la mas avanzada tecnología para efectuar la termodestrucción sin dañar al ambiente, sin embargo, durante los últimos 15 años, la incineración ha sido objeto de permanentes críticas, señalándosele como fuente generadora de emisiones perjudiciales, como dioxinas, metales pesados y ácidos. Esta situación ha provocado que la normatividad sobre las emisiones a la atmósfera se haya hecho cada vez mas estricta. Los cambios que se han venido dando en cuanto a los criterios de control ambiental para la incineración de residuos sólidos, han provocado un incremento en las objeciones sociales contra ella, así como una percepción poblacional equivocada; a tal grado que gran parte de la sociedad desconfía de esta tecnología, situación que ha sido aprovechada por sus detractores, para generar confusión y difundir incertidumbre entre la población, ya que al parecer la actitud de la población no se basa en hechos, sino en emociones y en información distorsionada, insuficiente e inadecuada.(2)

Para conseguir la aceptación de la incineración de residuos sólidos por parte de la población en general, es necesaria la difusión de información objetiva y clara. Es importante mencionar que la incineración actual de los residuos sólidos, es completamente más segura y eficiente que la de hace una década (80's); situación que debe hacerse conocer ampliamente entre la ciudadanía para tratar de cambiar la equivocada percepción que prevalece actualmente a nivel mundial.

Así, apoyando a los principios tecnológicos de la incineración como eliminador de residuos sólidos, este trabajo se encamina a establecer los principios para la creación de una planta de incineración, con fines benéficos para la sociedad, como eliminadora de residuos sólidos.

---

(2). SANCHEZ GOMEZ, J. 1993, Los Residuos Sólidos y Peligrosos en el Mundo, La Incineración de los Residuos Sólidos Municipales-Antecedentes y Perspectivas-, Notas de la AMCRESPAC., I, Vol. 2, 2.

III. ESTUDIO TECNICO.

- III.1) EL PROCESO DE INCINERACION COMO ELIMINADOR DE RESIDUOS SOLIDOS.
- III.2) DISEÑO TECNICO DE LOS EQUIPOS DE INCINERACION.
- III.3) DISEÑO AMBIENTAL DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.
- III.4) EXPERIENCIAS EN LA DESTRUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS, CON PLANTAS DE INCINERACION.
- III.5) DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE SERVICIOS DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN MEXICO.

### CAPITULO III.

#### ESTUDIO TECNICO.

##### III.1) EL PROCESO DE INCINERACION EN LA ELIMINACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

Como ya se dijo en la Introducción, la incineración es el proceso por el cual se reducen la masa y el volumen de un cuerpo combustible, generalmente de desecho, hasta convertirlo en cenizas, mediante la acción directa del fuego (descomposición térmica), el cual lo oxida y degrada. Este proceso debe realizarse en lugares controlados y expresamente destinados para ello, sin que se presenten daños al ambiente o a la salud poblacional. El equipo donde se lleva a cabo dicho proceso controlado se denomina Incinerador.

El proceso de incineración de los residuos sólidos es mucho mas complicado que prender fuego a un montón de basura, y se le ha utilizado para eliminar desechos combustibles provenientes de la industria, el comercio y de actividades dedicadas al cuidado de la salud pública.

Así mismo existe un proceso especial de incineración, consistente en la reducción a cenizas de los cadáveres humanos o de animales, así como la eliminación de residuos biológicos sólidos con altos contenidos de humedad, llamados Patológicos, y que son producto de cirugías, autopsias, amputaciones, curaciones, etc., provenientes de centros dedicados al cuidado de la salud humana; estos desechos también pueden provenir de locales sanitarios de crianza y sacrificio de animales, cuya carne u otros productos estén destinados para el consumo humano. A este proceso especial de incineración se le denomina Cremación, y se realiza en Crematorios.

Un incinerador de residuos, es una instalación o aparato, casi siempre cerrado, destinado a la conversión a cenizas de los residuos sólidos. Por lo general tienen una cámara cuyas medidas pueden variar mucho en su anchura y longitud, pero muy poco en su altura. Sus techos se elaboran de forma plana, excepto los de los crematorios, y tienen un sistema de inyección de aire continuo por tiro natural, mediante uno o varios conos, ubicados en los costados del equipo, con el fin de enriquecer con oxígeno, el aire de la cámara de combustión. Pueden o no tener cámara de postcombustión. La combustión de los residuos es prácticamente inmediata, por ser residuos con un alto poder calorífico y sumamente inflamables.

Aunque el principio térmico de destrucción de residuos es el mismo, existen varios tipos de incineración:

- Incineración a Cielo Abierto.

Es la simple incineración de los residuos a la intemperie, al contacto con una flama. No se tiene control absoluto sobre esta forma de incinerar. Su eficiencia de termodestrucción alcanza, como máximo un 50%

- Incineración en Cámara Sencilla.

Es la incineración dentro de una instalación o aparato, que solo cuenta con una cámara de combustión, y la salida inmediata de los gases de combustión a la atmósfera. En este tipo de incineración, ya se dispone de un control en la combustión. Su eficiencia de termodestrucción es de 60%.

- Incineración con Cámara Múltiple.

La cámara de combustión tiene además otra cámara de postcombustión, donde habrán de quemarse los gases de combustión, antes de salir a la atmósfera. Su eficiencia es de 90%

- Incineración con Quemadores Múltiples.

En este tipo de incineración, la incidencia de las flamas sobre los residuos, se hace mediante varios quemadores de combustible; puede ser de una o varias cámaras. Su eficiencia es de 90%

- Incineración con Cámara de Lecho Incandescente.

Los incineradores de este tipo tienen, dentro de su cámara principal de combustión, un lecho permanente de materiales incandescentes que se activan durante la combustión, quemando a los residuos por simple contacto superficial, aunado a la función de los quemadores. Su eficiencia es de 95%

- Incineración con Catalizador.

En este tipo de incineración, uno de los quemadores asperja una solución catalítica que al contacto con los residuos incrementa su combustión. Su eficiencia es de 90%

- Incineración con Quemador de Líquidos.

De manera análoga al anterior, uno de los quemadores, realiza la combustión de una mezcla de residuos líquidos y combustible líquido generalmente de alto poder calorífico. Su eficiencia es de 90%

- Incineración en Horno Rotatorio.

La incineración tiene lugar en una cámara de combustión que gira sobre un eje longitudinal, permitiendo que la incidencia de las flamas alcance todos los extremos de los residuos. Su eficiencia es de 95%

- Incineración con Lecho Fluidizado.

Los equipos de éste tipo, introducen a sus cámaras de combustión sustancias líquidas o semilíquidas, o polvos, soplándolos con un gas. Posteriormente, durante la combustión, la sustancia sólida disuelta en el líquido o dispersa como polvo, estará como en ebullición debido al torbellino producido en el interior, por la acción del gas de acarreo suministrado. Su eficiencia es de 95%

- Incineración con Aire Controlado.

Este proceso de incineración inyecta, por tiro forzado, una ráfaga de aire ú oxígeno puro, al interior de la cámara de combustión, facilitando la combustión por la acción del comburente. Su eficiencia es de 90%

Los crematorios son las instalaciones o aparatos encargados de realizar la incineración de los cadáveres humanos y animales, o desechos con alto contenido de humedad. Las características principales de éstos equipos son: Tienen tamaños muy grandes, por lo general en su altura, a diferencia de los incineradores sus techos son de forma abovedada, casi siempre tienen una cámara de combustión bastante grande, y otra de post-combustión de menor tamaño. La destrucción de los residuos se realiza de forma paulatina, primeramente deshidratando a los residuos, para que una vez secos, la incidencia directa de las flamas permita su conversión a cenizas. El suministro de aire ú oxígeno se realiza por tiro forzado, mediante un soplador o un compresor, y de manera intermitente. Los equipos, pese a ser de grandes tamaños, solo permiten capacidades pequeñas de residuos, pues el vapor de agua de los residuos al deshidratarse, ocupa un amplio volumen dentro del equipo.

Desde un punto de vista tecnológico, la incineración ofrece varias ventajas en comparación de otros métodos de tratamiento de residuos sólidos. Más aún, es el único método capaz de eliminar el volumen y el peso del material combustible o incinerable hasta en un 95%, convirtiéndolo en materiales inertes como son las cenizas.

Muchas de las grandes instalaciones de tratamiento de aguas industriales y municipales, incineran los lodos orgánicos que se emplean en los digestores y que han perdido su actividad, a fin de reducir el volumen y el peso de los lodos y obtener un residuo inerte e inodoro para su eliminación final.(3)

En México, la incineración de basura no es un proceso desconocido, tan es así que en la civilización mexicana, la cual tenía un organizado sistema de limpieza público, se incineraban algunas basuras con el propósito de iluminar las periferias de la ciudad de Tenochtitlán. Mucho tiempo después, hacia 1860, se consideró la posibilidad de instalar un incinerador municipal para la ciudad de México, proyecto que fué desechado dada la difícil situación política por la que atravesaba el país. En 1883 se inició un ambicioso programa de limpieza pública, en el que se incluía la quema de la basura, como medida para el control de una epidemia que asolaba la zona sur de la ciudad de México. En 1901 se convocó a particulares, a construir y operar un horno crematorio para eliminar la basura proveniente de los hospitales de la ciudad de México, el proyecto fué abandonado por el poco interés que despertó entre los inversionistas.

En nuestros días, el Reglamento para el Servicio de Limpia de la ciudad de México, emitido por la Asamblea de Representantes del Distrito Federal el 27 de Julio de 1989, y que sustituye al que fuera expedido en 1941, señala que los residuos sólidos hospitalarios, compuestos principalmente por envases de medicamentos, medicamentos ya caducos, sábanas, toallas, vendas, catéteres, jeringas, pañales y gasas de curación, así como partes de cuerpos humanos, resultado de cirugías y amputaciones, deben de ser incinerados y transportados de manera especial. La mayoría de los grandes hospitales cumplen con lo establecido por el reglamento, sin embargo, existen algunos que envían sus residuos sin control alguno, a tiraderos clandestinos o a los rellenos sanitarios municipales.(4)

---

(3). Metcalf-Eddy, Co. 1981, Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales.(2a. Ed.) Traducido por: Ing. J.D. Trillo y Dr. L. Virto, Barcelona: Editorial Labor.

(4). Castillo Berthier, H.F.1990, La Sociedad de la Basura: Caciquismo en la Ciudad de México.(2a. Ed.), México, Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

### III.2) DISEÑO TECNICO DE LOS EQUIPOS DE INCINERACION.

Los equipos de incineración, de cualquier tipo de residuos, deben de cumplir una serie de especificaciones tanto nacionales como internacionales, desde su ingeniería y construcción, hasta su arranque, operación y mantenimiento. La fabricación y puesta en marcha de un incinerador, no es un proceso sencillo como pareciera ser; es un proceso complejo que debe ser supervisado en cada una de sus etapas, tanto por el diseñador y constructor, como por el propietario final que lo operará.

El proceso de construcción de un incinerador, inicia desde el momento en que surge la necesidad de eliminar completamente a los residuos mediante el proceso de termodestrucción, ya que no son posibles de eliminar mediante confinamiento o disposición en rellenos sanitarios, dado que su presencia representa un peligro para la salud humana o al ambiente, o bien, porque el generador de los residuos así lo ha dispuesto.

Por lo general, los equipos de incineración se fabrican sobre pedido, dado que los generadores de residuos, tienen necesidades distintas.

Antes de solicitar el equipo, el generador o destructor de residuos sólidos, deberá conocer perfectamente: La cantidad de residuos a incinerar, las características de los mismos, la disponibilidad de espacio y servicios para instalar un equipo de incineración, el mecanismo de manejo de los residuos sólidos dentro del sitio de generación, las responsabilidades y legislación que implica el adquirir un equipo de incineración, la estructuración de personal y rutina que habrá de seguirse para cuando se disponga del equipo. Generalmente los constructores de equipos, proporcionan a sus posibles clientes una serie de cuestionarios que permiten analizar sus necesidades.

El tipo de equipo, incinerador o crematorio, será construido en función de los tipos de residuos que se generen según la clasificación general de residuos; así mismo, su tamaño estará determinado por la cantidad de residuos que se pretendan destruir por medio del incinerador. El lugar donde habrá de instalarse el equipo de incineración, será proporcionado por el generador o destructor de residuos, así como la solicitud y permisos, ante las autoridades correspondientes para la operación del mismo.

Desde el momento en que se solicita la construcción de un incinerador de residuos o un horno crematorio, tanto el fabricante del equipo, como el generador o destructor de los residuos, deberán trabajar de manera conjunta intercambiando información acerca del manejo de los residuos dentro de las instalaciones del generador o destructor de residuos, así como de los compromisos que implican el incinerar residuos dentro de las instalaciones del generador o destructor, y de los servicios que habrá de requerir el equipo de incineración. El generador o destructor de residuos proporcionará al fabricante los servicios que el equipo de incineración requiera (Instalaciones o construcciones civiles, agua, electricidad, drenaje, combustible y alumbrado). Por su parte, el constructor entregará al propietario del equipo de incineración: el equipo de incineración con todas sus partes y aditamentos, en el lugar de su instalación final, las partes de repuesto y cursos teórico-prácticos de operación y mantenimiento del equipo.

En resumen, el diseño técnico de un equipo de incineración, estará en función de los requerimientos de los generadores de residuos sólidos.

### III.3) DISEÑO AMBIENTAL DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

Una Planta de Incineración de Residuos Sólidos, es una instalación semejante a la de una fábrica, con la variante de que no es una fábrica para crear cosas, sino para destruirlas. Cuenta con la infraestructura y los equipos necesarios para la eliminación de los residuos sólidos, aplicando, exclusivamente, el proceso de incineración o termodestrucción. Proporciona sus servicios a quien se lo solicite, siempre y cuando los residuos que se le encomienden, no constituyan un peligro al incinerarse, o bien, las cantidades entregadas de residuos sobrepasen la capacidad de la planta para destruirlos.

Las funciones de la planta se inician efectuando un estudio y análisis de los residuos sólidos que habrán de encomendarsele, y determinar si es posible o no la incineración de los residuos. Así mismo instruye a quienes contraten sus servicios, la manera en cómo deben de manejar los residuos que habrán de ser incinerados, y proporcionándoles en calidad de préstamo, contenedores especiales de residuos sólidos, según los tipos de residuos y la rapidez de su generación, los cuales estarán identificados con etiquetas donde se señale el tipo de residuos, las cantidades, la fecha y a quién le fué asignado; se proporciona también un itinerario, calculado previamente, de recolección y entrega de contenedores; es decir, se recogen los contenedores con residuos, y se entregan a cambio contenedores vacíos.

Los contenedores, identificados y relacionados, son recogidos del lugar generador de residuos, por personal entrenado y capacitado para la recolección y el transporte de residuos sólidos, el cual cuenta con avanzados equipos de seguridad y protección personal. También los equipos de transporte son especiales; para el caso de los residuos sólidos orgánicos, se utiliza un camión de caja de transporte cerrada pero con ventilación, así como cinchos para sujetar los contenedores que se introducen al interior de la caja, con el fin de que no se salga su contenido durante los recorridos del camión. En el caso de los residuos sólidos hospitalarios, se utiliza un camión de caja cerrada y con sistema de refrigeración, para evitar que los residuos se descompongan, también cuentan con cinchos para sujetar a los contenedores. Los vehículos de recolección cuentan con los más avanzados sistemas de seguridad, y en caso de que algún incidente ocurriera con los residuos transportados, éste se controlaría a la brevedad.

Los camiones con residuos llegan a la planta de incineración, en donde son descargados siguiendo las mismas normas de higiene y seguridad que cuando fueron cargados, se cuenta el número de contenedores, según los tipos de residuos que transportó cada camión, y se procede a pesarlos en básculas de tipo comercial. Al peso total se le resta el peso del contenedor, el cual ha sido calculado y promediado con anterioridad. Se obtiene el peso del contenido los contenedores de cada contratante, el cual es multiplicado por la tarifa de precio por unidad de peso, se suma y se obtiene el costo del servicio para el contratante en ese momento.

Posteriormente, los contenedores son abiertos por la tapa superior, y del interior de cada uno se saca una bolsa de polietileno especial, que a su vez está cerrada con una tapa, la cual es depositada dentro de una tolva abatible montada sobre un montacargas expresamente construido para intercambiar y verter tolvas. Cabe hacer mención en que se disponen de varias tolvas y están distribuidas en igual proporción, para contener residuos sólidos orgánicos y residuos sólidos hospitalarios, esto quiere decir que las tolvas para mover residuos sólidos orgánicos no se utilizan para los residuos sólidos hospitalarios.

Los contenedores vacíos de residuos sólidos y sus tolvas respectivas, son llevadas a un foso poco profundo y con pendiente, en donde son lavados con agua a presión y sustancias especiales para su limpieza; el agua de lavado de los contenedores, pasa a una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales, antes de su descarga al drenaje. Esta planta, es de tipo paquete-comercial, y tiene integrados los sistemas de tanque de aereación, tanque clarificador con tanque receptor de lodos, y tanque de cloración, también tiene un sistema computarizado que analiza y registra las aguas descargadas. Cuando las tolvas y los contenedores están limpios se colocan embrocados sobre una rejilla metálica, instalada dentro del mismo foso de lavado, con el fin de que escurran el exceso de agua.

Siguiendo con el proceso de eliminación de residuos sólidos, el montacargas vierte el contenido de la tolva a un incinerador previamente asignado, según el tipo de residuos de que se trate, los residuos sólidos orgánicos son depositados dentro de incineradores de basuras, y los residuos sólidos hospitalarios son depositados dentro de hornos crematorios. Los incineradores ya han sido puestos en operación, mucho antes de llenarse de residuos, para que alcancen las temperaturas óptimas de incineración (800 grados Centígrados).

Los equipos de incineración de residuos sólidos orgánicos y hospitalarios, están provistos con mesas neumáticas de alimentación de residuos, sistemas de lavado y enfriamiento de gases, así como sistemas anticontaminantes de emisiones a la atmósfera a base de colectores de polvos de alta eficiencia; estos colectores utilizan filtros-bolsas que tienen una eficiencia de colección del 99.99% en peso, aún en concentraciones altas de partículas abajo de un micrón.

Los equipos de incineración cumplen técnica y ambientalmente con las regulaciones establecidas a la fecha, en materia de incineración de residuos sólidos, además, para la destrucción de gérmenes y microorganismos patógenos, en la cámara primaria de combustión se proporcionan de 800 a 900 grados centígrados de temperatura, y de 1000 a 1200 grados centígrados en la cámara secundaria o de postcombustión. Para la reducción, en las emisiones, de sustancias contaminantes, se cuenta con un sistema de lavado de gases y humos, por medio de la recirculación de solución alcalina al 5%, en un sistema de tuberías localizado a la salida de los gases hacia la chimenea.

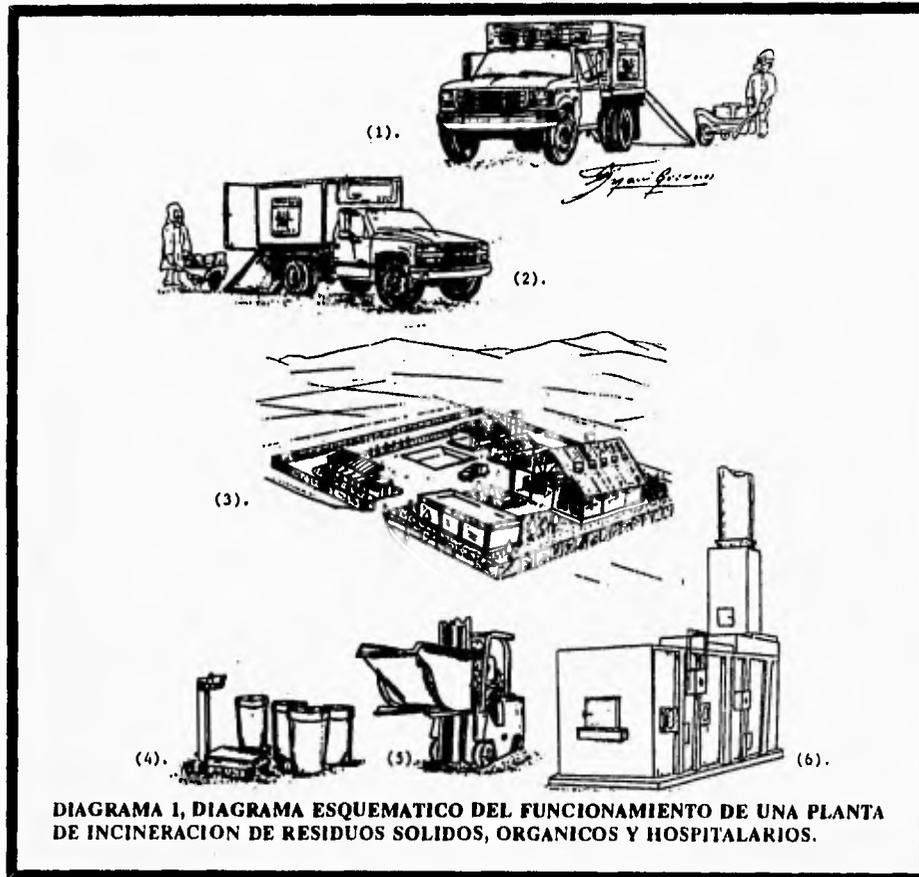
Además, los lodos que se forman en el sistema de lavado de gases y humos son retenidos y separados en un tanque de acero inoxidable que sirve para asentar los lodos y las partículas sólidas. Este tanque derrama las aguas de lavado hacia otro tanque de asentamiento, fabricado en mampostería, de donde pasan después hacia un tanque de neutralización, también de mampostería donde se dosifica ácido clorhídrico que neutraliza el carácter alcalino de las aguas, que finalmente llegan a una pequeña planta paquete de tratamiento de aguas residuales, que las limpia antes de su descarga definitiva al drenaje.

Una vez concluida la incineración, y la total conversión de los residuos a cenizas, éstas son removidas del interior del incinerador con un sistema de extracción neumático-mecánico y las cenizas que quedan en lugares difíciles de alcanzar, se remueven con palas, bioldos y rastrillos, para posteriormente ser extraídas con el extractor neumático. Las cenizas son depositadas en tambores metálicos comerciales de 200 litros de capacidad. Una vez que se han llenado los tambores, se tapan herméticamente y se confinan en una parte de la planta expresamente destinada para ello, posteriormente, las cenizas dentro de los tambores es analizada trimestralmente para determinar su contenido (Análisis CRETIB). Se informa de los resultados a las autoridades correspondientes y se envían, herméticamente sellados, a los lugares que ellas dispongan.

Con el fin de cuidar la salud humana y el ambiente, la planta de incineración, realiza cada seis meses, a través de compañías especializadas, evaluaciones de emisiones a la atmósfera y de tratamientos de aguas residuales, para corregir las descalibraciones que se pudieran presentar en los equipos y que generarían contaminantes. También, cuenta con planes de contingencia y seguridad, en el caso de que ocurriera algún percance.

Así mismo, el personal administrativo y operativo de la planta, está en constante capacitación para el mejoramiento de su desempeño, y en consecuencia, un mejor funcionamiento de la planta.

Un resumen del funcionamiento de una planta de incineración, puede visualizarse a través del diagrama esquemático presentado en el DIAGRAMA 1, siguiente:



- (1) y (2). RECOLECCION Y TRANSPORTE. Los residuos sólidos orgánicos, son recolectados en contenedores especiales e identificados, los cuales posteriormente habrán de ser transportados en un camión cerrado, pero con ventilación que evite la acumulación de gases volátiles. Por otra parte, los residuos sólidos hospitalarios son recolectados en recipientes especiales e identificados, con bolsas degradables en su interior, y son transportados en un camión completamente cerrado y equipado con sistema de refrigeración para evitar que se descompongan. Así mismo, los operadores deberán protegerse durante el manejo de los residuos sólidos, orgánicos u hospitalarios.
- (3). PLANTA DE INCINERACION. Los residuos sólidos hospitalarios y orgánicos son llevados a la Planta de Incineración, ubicada en Tequixquiac, Estado de México, en donde habrán de ser contabilizados a su llegada.
- (4). PESAJE. Los residuos sólidos, orgánicos u hospitalarios, dependiendo su lugar de procedencia, son pesados en una báscula comercial, con el fin de calcular el precio que se cobrará al cliente, según la cantidad de residuos que haya entregado.
- (5). MÀNEJO DE RESIDUOS DENTRO DE LA PLANTA. Dentro de tolvas abatibles, y con la ayuda de un montacargas, los residuos depositados en boteas degradables, son llevados al interior de los incineradores correspondientes.
- (6). INCINERACION. Los residuos sólidos orgánicos son incinerados en incineradores para basuras, y los residuos sólidos hospitalarios son incinerados en hornos crematorios.

#### III.4) EXPERIENCIAS EN EL CONTROL DE RESIDUOS SÓLIDOS CON PLANTAS DE INCINERACIÓN.

Se sabe que en muchos países industrializados, como medida de control de los residuos sólidos, han sido instaladas plantas de incineración de residuos sólidos, siendo Francia y Japón, los países vanguardistas. Como ejemplos están la Planta de "Saint-Ouen II" en París, Francia, la cual fué puesta en operación en 1990, e incinera 1700 toneladas diarias de residuos sólidos orgánicos domiciliarios; ésta planta cuenta con la tecnología mas avanzada en control de contaminantes, así como en generación de vapor y energía eléctrica, dado que en los países de Europa, además de incinerar a los desechos, se aprovecha la energía generada por el calor desprendido(5).

También en Francia, en el Distrito Bayonne-Anglet-Biarritz, existe una planta de tratamiento de residuos sólidos en la cual, la incineración desempeña un papel importante, pues gracias a ella se generan vapor y energía eléctrica. La Planta de Bayonne-Anglet-Biarritz, fué inaugurada en 1989 e incinera cerca de 2.5 toneladas por hora de residuos sólidos orgánicos y 600 toneladas anuales de residuos hospitalarios(6). Así mismo, en los Estados Unidos de América, existen varias compañías dedicadas al manejo de los residuos sólidos orgánicos y hospitalarios, y que ofrecen los servicios de incineración de residuos sólidos, mediante plantas de grandes capacidades y tecnologías muy avanzadas.

En México, las plantas de incineración de residuos sólidos orgánicos ú hospitalarios que brinden sus servicios al público, se encuentran aún en la etapa de proyectos o bien como plantas de pruebas de bajas capacidades. Existen algunas instalaciones que proporcionan o proporcionaron, servicio de incineración de residuos, a un solo usuario en particular; tal es el caso de la Planta Incineradora de Residuos Sólidos de Ciudad Universitaria, D.F., la cual entró en funcionamiento en 1984, y cerró sus instalaciones en 1992. Dicha planta incineraba los residuos orgánicos no reciclables, que se generaban en el campus de la U.N.A.M., a razón de 1,500 Kg/hr; sin embargo, y pese a que funcionaba muy bien, fué cerrada en Junio de 1992, debido a que entorno a sus instalaciones se asentaron algunos núcleos poblacionales, a los cuales afectaba su operación.

---

(5). Rennard G., 1991. Interface. 37, 9-11.

(6). Syctom Paris, 1991. Interface. 37, 15.

De igual manera, existe una planta incineradora de basura dentro de las instalaciones de la Planta Industrializadora de Desechos de San Juan de Aragón, D.F., la cual opera desde 1991, y proporciona servicio al Departamento del Distrito Federal, exclusivamente, para eliminar los desechos no reciclables que se generan en la Planta Industrializadora. Desafortunadamente, esta planta, está siendo alcanzada por la llamada "mancha urbana" de población, y quizás en el futuro, corra la misma suerte que su antecesora de Ciudad Universitaria.

Por otro lado, existen empresas que ofrecen el servicio de incineración de residuos sólidos industriales peligrosos, sin estar dedicadas exclusivamente a la prestación del servicio, sino como resultado de que dentro de sus instalaciones cuentan con uno o varios incineradores de gran capacidad. Tal es el caso de la empresa Ciba-Geigy Mexicana, S.A., que en sus plantas de Atotonilquillo, Jal. y Atlacomulco, Mex., proporcionan el servicio de incineración de residuos sólidos peligrosos, a las empresas vecinas a sus instalaciones. De la misma manera, las compañías Cementos Apasco, en Apaxco, Mex., y Cementos Mexicanos, en Tula, Hgo., están quemando, en sus hornos de calcinación de piedra, residuos industriales orgánicos y llantas usadas, a los generadores de éste tipo de residuos.

De las empresas dedicadas a prestar el servicio de incineración exclusivamente, la que cuenta con la planta de incineración mas desarrollada, desde un punto de vista tecnológico y funcional, es la Planta Incineradora Municipal de Mérida, Yucatán. Dicha planta incinera residuos hospitalarios a razón de 3.1 toneladas diarias, también proporciona a sus usuarios el suministro de contenedores para los residuos, así como el servicio de recolección desde los sitios de generación hasta el incinerador.

Existen también proyectos para una futura construcción de plantas de incineración de residuos sólidos en varios estados de la República Mexicana, tal es el caso del Gobierno del Estado de Tlaxcala, el cual a través del Sistema de Control de Residuos Sólidos del Estado de Tlaxcala (SICORT) y bajo la asesoría de empresas especializadas, tiene planeado dar el servicio de incineración de residuos sólidos orgánicos y hospitalarios, a varias empresas del Estado de Tlaxcala, así como a los hospitales de la Ciudad de Tlaxcala, Tlax.

Entre otros proyectos importantes figuran, el del Gobierno del Estado de Aguascalientes en colaboración con un grupo de médicos particulares de la Ciudad de Aguascalientes, quienes bajo la asesoría de empresas especializadas en control de contaminantes, han planea-

do construir una planta de incineración de residuos sólidos hospitalarios, que proporcione servicio a hospitales privados de la Ciudad de Aguascalientes, Ags. Así también, el H. Ayuntamiento de Ciudad Lerdo, Durango, está planeando la construcción de una planta de incineración que proporcione servicio a los hospitales de la llamada "Comarca Lagunera", constituida por las Ciudades de Lerdo y Gómez Palacio en el Estado de Durango, y Torreón en el Estado de Coahuila; de igual forma, recientemente, el Organismo Público Descentralizado Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (SIAPAS) de San Luis Potosí, ha convocado a empresas interesadas, a que propongan proyectos para la instalación de una planta eliminadora de los residuos hospitalarios, generados en el Estado de San Luis Potosí. Otro proyecto ambicioso, es el del Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA), para instalar una Planta Incineradora de Residuos Patológicos, en Ciudad Universitaria, D.F.; ésta vez las instalaciones de la planta se ubicarán en un sitio alejado de los asentamientos humanos, y se incluirá la más avanzada tecnología para el cuidado del ambiente y el ahorro de energía. Existe también interés, por parte de grupos de empresarios, de instalar plantas de incineración de residuos hospitalarios, en las ciudades de Tijuana, B.C. y Puebla, Pue. Por último, en Julio de 1995, se construyó una Planta Incineradora de Residuos Sólidos Patológicos, en la ciudad de Culiacán, Sinaloa, entrando en operación al mes siguiente.

La eliminación de los residuos sólidos orgánicos y residuos sólidos hospitalarios en instalaciones centralizadas parece ser la vía más satisfactoria en materia de protección ambiental e higiene. La creación de una instalación centralizada (Planta de Incineración), de gran capacidad y específica para residuos sólidos orgánicos y residuos sólidos hospitalarios, representa una inversión muy fuerte. Se requiere realizar un estudio minucioso tanto del lugar generador de residuos, como del lugar donde se instalará la planta. Es por eso que el objeto de estudio de este trabajo, se refiere a establecer los principios técnicos, ambientales, e ingenieriles básicos, que deberán regir para realizar el proyecto, con su posterior puesta en operación, de una planta de incineración de residuos sólidos orgánicos y hospitalarios, que proporcione servicio a diversos usuarios de la Ciudad de México, D.F. y del Estado de México.

III.5) DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE SERVICIOS DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN MEXICO.

Para analizar la actual demanda y su futura proyección, de los servicios de incineración, se recurrió a una muestra, bastante representativa de los requerimientos con que cuentan los cuatro fabricantes nacionales de incineradores, para la propia operación de los usuarios, así como los requerimientos que los mismos usuarios quisieran contratar, si existieran, con empresas dedicadas a proporcionar el servicio completo de manejo y disposición final de sus residuos sólidos domiciliarios y hospitalarios en la República Mexicana.

En la TABLA III.5.A se analizan los principales datos de los diferentes clientes usuarios, el tipo de requerimientos de incineración (para operación propia o para contratación), el tipo o los tipos de residuos sólidos a manejar, la ubicación de los usuarios, su generación actual en kg/día, así como su posible incremento anual en la generación de sus residuos sólidos.

Podemos observar de la TABLA III.5.A, que en la muestra analizada, existe una demanda de incineración total de 29,480 kg/día, de residuos sólidos orgánicos, y de 19,090 kg/día, de residuos sólidos hospitalarios, esto representa una proporción de 1.5 a 1 en su demanda. Del total de 29,480 kg/día de residuos sólidos orgánicos, 20,850 kg/día (70.7%) demandan un servicio de incineración contratada, y el resto, es decir 8,630 kg/día (29.3%) demandan la fabricación de incineradores para su propia operación. En cuanto al total de la muestra de 19,090 kg/día de residuos sólidos hospitalarios, 3,650 kg/día (19.1%) demandan un servicio de incineración contratada y el resto, es decir 15,440 kg/día (80.9%) demandan la fabricación de incineradores para efectuar la incineración de sus residuos sólidos en sus propias instalaciones.

Más específicamente, la muestra analizada para el Distrito Federal y el Estado de México, indica que la demanda total de incineración de residuos sólidos orgánicos es de 19,430 kg/día y la de residuos sólidos hospitalarios es de 12,720 kg/día, esto representa una proporción de 1.5 a 1 en sus demandas. Del total de 19,430 kg/día de residuos sólidos orgánicos, 15,950 kg/día (82.1%) demandan un servicio de incineración contratada, y el resto, es decir, 3,480 kg/día (17.9%) demandan la fabricación de incineradores para su propia operación.

TABLA III.5.A.

MUESTRA DE LA ESTIMACION DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS Y HOSPITALARIOS.

FECHA: JUNIO DE 1995.

PRINCIPALES CUENTAS: DEMANDANTES DE EQUIPOS O SERVICIOS DE INGENIERACION.	REQUERIMIENTOS (PROPIO/ CONTRATADO)	RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS Y OTROS			RESIDUOS SOLIDOS HOSPITALARIOS EXCLUSIVAMENTE.		
		UBICACION DE LOS CUENTAS:	DEMANDA ACTUAL (KG/DIA)	CRECIMIENTO ANUAL ESTIMADO(*): (%)	UBICACION DE LOS CUENTAS:	DEMANDA ACTUAL (KG/DIA)	CRECIMIENTO ANUAL ESTIMADO(*): (%)
GRUPO VIDEOVISA, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	MEXICO, D.F.	200	10			
MEXINOK, S.A. DE C.V.	PROPIO	SAN LUIS POTOSI, S.L.P.	1,400	10			
NAUTILUB DE MEXICO, S.A. DE C.V.	PROPIO	MEXICO, D.F.	1,200	10			
PROPLAX, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	XALISCO, MEX.	250	10			
PEMEX - HOSPITAL CENTRAL PICACHO	CONTRATADO				MEXICO, D.F.	750	20
PEMEX - HOSPITAL CENTR. AZCAPOTZALCO	CONTRATADO				MEXICO, D.F.	600	20
QUIMICA ESTERODAL, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	TLALNEPANTLA, MEX.	450	5			
CONSULT. INTEGRAL INGENIERIA, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	POZA RICA, VER.	3,300	5			
ISEMEX - HOSP. ESPEC. SATELITE, MEX.	CONTRATADO				CD. SATELITE, MEX.	450	10
TEXTIL FILTER, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	MEXICO, D.F.	800	10			
FARMACEUTICA LAKESIDE, S.A. DE C.V.	PROPIO	TOLUCA, MEX.	480	10			
SECRETARIA GOBERNACION, COORD. TEC.							
CEREBROS, VARIOS RECLUSORIOS DEL PAIS	PROPIO	MEXICO, D.F.	1,800	15			
I.M.S.S. PROYECTOS ESPECIALES	CONTRATADO	MEXICO, D.F.	8,000	15			
CRUZ ROJA DE PUEBLA	PROPIO				PUEBLA, PUE.	250	5
FUNDACION ANTONIO HAGENBECK, A.C.	CONTRATADO				TOLUCA, MEX.	250	10
I.C.A. - BETABA, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	NAUCALPAN, MEX.	300	15	MEXICO, D.F.	450	15
D.D.F. - CENTRO ANTIRRABICO S.J. ARAGON	PROPIO				MEXICO, D.F.	320	15
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD	PROPIO	PETACALCO, GRO.	1,800	10			
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO	PROPIO				VILLAHERMOSA, TAB.	220	5
CLUB MED MEXICO, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	IXTAPA, GRO.	1,300	15			
SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL	PROPIO				ITEPEC, OAX.	300	5
PROCTER & GAMBLE MEXICO, S.A. DE C.V.	CONTRATADO				MEXICO, D.F.	150	5
U.A.M. - IZTAPALAPA.	CONTRATADO				MEXICO, D.F.	250	5
PANTEON JARDINES DEL RECUERDO	PROPIO				AUTLAN NAVARRO, JAL.	300	10
PEMEX - EXPLORACION Y PRODUCCION	PROPIO	CD. DEL CARMEN, CAMP.	1,500	15			
INSTITUTO MEXICANO DE PSIQUIATRIA	CONTRATADO				MEXICO, D.F.	750	10
I.M.S.S. DELEGACION NAYARIT	PROPIO				BAN CAYETANO, NAY.	300	5
FUNCO - SAQR. AEROP. INTL. CO. DE MEXICO	PROPIO				MEXICO, D.F.	250	5
PROCESADORA DE AYES LEON, S.A. DE C.V.	PROPIO				LEON, GTO.	400	10
BIOTONES, S.A. DE C.V.	PROPIO	GUADALAJARA, JAL.	450	15			
SPECOBA - GPO. MEDICO AGUASCALIENTES	PROPIO				AGUASCALIENTES, AGS.	1,300	15
ING. CARLOS MARIN V. Y ASOCIADOS	PROPIO				MEXICALI, B.C.	1,500	20
TRIBASA S.A. DE C.V.	CONTRATADO	LOS REYES, MEX.	300	10			
BERQUITEC, S.A. DE C.V.	PROPIO				TUJANA, B.C.	1,800	20
SERV. Y CONSULT. MEDIO AMBIENTE, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	MEXICO, D.F.	350	10			
BOTO PRIETO Y COMPANIA, S.C.	CONTRATADO	MEXICO, D.F.	100	5			
GRUPO COMEDY, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	MEXICO, D.F.	200	5			
GRUPO MEXICANO IMPERIAL, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	MEXICO, D.F.	300	10			
ASEMEX - BANPAIS, S.A. DE C.V.	CONTRATADO	MEXICO, D.F.	5,000	10			
U.N.A.M. PROGR. MANEJO DE RES. SOLIDOS	PROPIO				MEXICO, D.F.	8,500	20

(\*) ESTIMADO, SEGUN LOS CUENTAS.

DE LA MUESTRA ANALIZADA:	RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS Y OTROS	RESIDUOS SOLIDOS HOSPITALARIOS EXCLUSIV.
DEMANDA ESTIMADA INCINERACION PROPIA:	8,630	1,540
DEMANDA ESTIMADA INCINERACION CONTRATADA:	20,850	3,650
TOTAL:	29,480	19,090
EN EL D.F. Y ESTADO DE MEXICO:	RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS Y OTROS	RESIDUOS SOLIDOS HOSPITALARIOS EXCLUSIV.
DEMANDA ESTIMADA INCINERACION PROPIA:	3,480	9,070
DEMANDA ESTIMADA INCINERACION CONTRATADA:	15,950	3,650
TOTAL:	19,430	12,720

FUENTE: Incineradora de Residuos Sólidos, S.A. de C.V.

En cuanto al total de 12,720 kg/día de residuos sólidos hospitalarios, 3,650 kg/día (28.7%) demandan un servicio de incineración contratada y el resto, es decir 9,070 kg/día (71.3%) demandan la fabricación de incineradores para efectuar la incineración de sus residuos sólidos hospitalarios, en sus propias instalaciones; esta cifra es muy grande, para los fines que se persiguen, porque uno de los demandantes desea adquirir varios incineradores crematorios para dar el servicio de incineración a las instalaciones biomédicas, del Campus de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se debe señalar, que la muestra analizada para efectuar la estimación de la demanda actual y futura de servicios de incineración representa, a nivel nacional, el 1.0% de la producción total de residuos sólidos incinerables. A nivel del Distrito Federal y el Estado de México, la muestra analizada representa el 1.5% de la producción de residuos sólidos incinerables totales.

En Julio de 1995, el Departamento del Distrito Federal, lanzó una serie de convocatorias para concesionar a empresas particulares, partes del Servicio de Limpia Pública de la Ciudad de México, D.F., y aunque no se menciona la prestación del servicio de incineración, éste se tiene contemplado para el futuro.

Finalmente, se tiene conocimiento de que el Instituto Mexicano del Seguro Social (I.M.S.S.), convocará, a empresas que presten el servicio de incineración de residuos sólidos hospitalarios, a que participen en una serie de concursos a nivel nacional, para que se encarguen de la eliminación de los residuos sólidos hospitalarios de los principales Hospitales Regionales y Generales del I.M.S.S. También es sabido que el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (I.S.S.S.T.E.), planea dar el servicio de incineración de residuos sólidos hospitalarios, a sus hospitales en el Distrito Federal, utilizando el crematorio del Centro Médico Nacional "20 de Noviembre" perteneciente a dicha dependencia, dado que el equipo es bastante grande y actualmente se está utilizando por debajo de su capacidad.

IV. ESTUDIO AMBIENTAL.

- IV.1) DESCRIPCION Y CLASIFICACION GENERAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.
- IV.2) DESCRIPCION GENERAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA CIUDAD DE MEXICO, D.F.
- IV.3) LEGISLACION AMBIENTAL NACIONAL, APLICABLE A PLANTAS DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.
- IV.4) PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL ESTADO DE MEXICO.

## CAPITULO IV.

### ESTUDIO AMBIENTAL.

#### IV.1) DESCRIPCION Y CLASIFICACION GENERAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

Se considera basura todo objeto que es inmundicia, especialmente lo que se recoge del suelo; lo que presupone un deseo de eliminarlo o destruirlo, ya que no se le atribuye ningún valor para conservarlo. La basura sugiere suciedad, tiene mal olor y provoca desagrado a la vista. El término de Residuos Sólidos es más apropiado. El diccionario de la Real Academia Española define Residuos como: "lo que resulta de la descomposición o destrucción de una cosa, parte o porción que queda de una cosa". La palabra Sólido, es imprecisa, define al estado sólido como firme, macizo ó fuerte, y en el caso de los residuos, gran parte de los contaminantes líquidos y gaseosos son, en realidad, suspensiones de sólidos en esos medios. La decantación de los efluentes líquidos y el desempolvado de las emanaciones gaseosas, convertirán el problema en uno de los de tratamiento de residuos sólidos(7).

Por otra parte, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (E.P.A.) y los fabricantes mundiales de equipos para el manejo, tratamiento y eliminación de residuos sólidos, han elaborado una Clasificación General de los Residuos Sólidos (TABLA IV.1.A), en la cual los residuos, según su tipo, reciben un número dependiendo de su descripción, lugar de procedencia, contenido de humedad, densidad, contenido de inertes (substancias que no se pueden quemar) y poder calorífico. También, algunos países añaden a esta clasificación, su rapidez promedio de generación de residuos. Así, y de acuerdo con la clasificación general, tenemos que los residuos Tipo "0" (cero), se describen como una mezcla de desperdicios sumamente combustibles, tales como: papel, cartón, madera y basuras de la limpieza, provenientes de actividades comerciales e industriales. Puede llegar a contener hasta un 10% en peso de bolsas de plástico, papel de envoltura, papel laminado, cartón corrugado, estopas con aceite o grasa, virutas de hule o plástico y, textiles. Tienen un contenido de humedad máximo del 10%, así como una densidad que va desde 128.15 hasta 160.18 kilogramos por metro cúbico. Además tienen un contenido máximo de inertes del 5% en peso y un poder calorífico de 4,700 kilocalorías por kilogramo.

---

(7). Deffis Caso, A. 1989, La Basura es la Solución.  
(1a. Ed.), México: Editorial Concepto.

Los residuos Tipo "1", son una mezcla de desperdicios combustibles, como son: papel, cartón, trapo, virutas de madera, hojas y pasto, basuras de limpieza proveniente de actividades domésticas, comerciales, industriales y de oficinas. Contienen hasta un 20% de basuras propias de restaurantes, cafeterías y hoteles, pero una mínima cantidad de papel tratado (de envoltura, laminado, etc.), plástico y hule. Tienen un contenido de humedad máximo del 25%, y una densidad equivalente a la de los residuos Tipo "0" (cero). Poseen un contenido máximo de inertes del 8% en peso y un poder calorífico de 3,600 kilocalorías por kilogramo.

Los residuos Tipo "2", son una mezcla de desperdicios urbanos, consistente en partes iguales en peso de desperdicios Tipo "0" (cero) y "1", (50% de basura seca y 50% de basura húmeda, animal o vegetal). Estos residuos son comunes a casas habitación y edificios habitacionales. Tienen un contenido de humedad máximo del 50%, así como una densidad que va desde 240.28 hasta 320.37 kilogramos por metro cúbico. Tienen un contenido máximo de inertes del 7% en peso y un poder calorífico de 2,300 kilocalorías por kilogramo.

Los residuos Tipo "3", son desperdicios animal y vegetal, procedentes de restaurantes, cafeterías, hoteles, hospitales, mercados e instalaciones similares. Tienen un contenido de humedad máximo del 70% y una densidad que va desde 480.55 hasta 560.64 kilogramos por metro cúbico. Tienen un contenido máximo de inertes del 5% en peso y un poder calorífico de 1,250 kilocalorías por kilogramo.

Los residuos Tipo "4", se denominan "Desperdicio Patológico", y consiste de residuos humanos y de animales (cuerpos, órganos, desperdicios sólidos orgánicos y de curaciones), provenientes de instituciones médicas, hospitales, laboratorios, granjas y rastros. Tienen un contenido de humedad máximo del 85%, su densidad va desde 720.85 hasta 881.01 kilogramos por metro cúbico, un contenido máximo de inertes del 5% y un poder calorífico de 600 kilocalorías por kilogramo.

Los residuos Tipo "5", son productos líquidos o semilíquidos, como alquitranes, lodos, pinturas, asfaltos, etc., provenientes de procesos industriales. El contenido de humedad, la densidad, el contenido de inertes y el poder calorífico de éstos residuos es variable y requieren de un estudio específico. Finalmente, los residuos Tipo "6", son productos sólidos, como hules, plásticos, sustancias químicas, etc. provenientes de desperdicios industriales. Al igual que los residuos Tipo "5", el cálculo de sus características requieren de un estudio específico.

Así mismo, la TABLA IV.1.A, nos muestra un resumen de los tipos de residuos y sus características ya mencionadas.

En la ciudad de México, la rapidez de generación de los residuos sólidos Tipo "0", "1", "2" y "3", según estudios del Departamento del Distrito Federal, oscila entre 0.5 y 1.0 kilogramos por día, por persona. En cambio la de los residuos Tipo "4", oscila entre 1.0 y 2.0 kilogramos por día, por persona, de éstos, los residuos sólidos hospitalarios que son biológico-infecciosos (los que representan peligro a la salud humana), se generan a razón de 0.3 a 1.0 kilogramos por cama por día. La TABLA IV.1.B, nos indica la clasificación de los residuos sólidos peligrosos biológico-infecciosos, así como el número de clasificación del Instituto Nacional de Ecología (I.N.E.), como residuos peligrosos.

Los datos de rapidez de generación varían de un país, con respecto a otro, dependiendo de sus desarrollos tecnológicos, sociales ó culturales; para determinar la rapidez de generación de residuos sólidos, existen empresas o instituciones que se dedican a realizar encuestas y estudios completos al respecto, tal es el caso de la Dirección General de Servicios Urbanos (D.G.S.U.), organismo del Departamento del Distrito Federal (D.D.F.), que es responsable de hacer, entre otras cosas, estudios de cuantificación de los residuos sólidos de la ciudad de México, para tomar las medidas pertinentes de su control.

Los residuos sólidos, según su tipo y características, deben de recibir un tratamiento específico, tanto en su recolección, como en su almacenamiento, manejo y eliminación o disposición final.

TABLA IV.1.A.  
CLASIFICACION GENERAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

RAPIDEZ DE GENERACION ( EN MEXICO, D.F. SEGUN D.D.F.- D.G.S.U., 1990 ):

• DOMICILIARIA: 0.5 - 1.0 Kg/Día-Persona.

• HOSPITALARIA: 1.0 - 2.0 Kg/Día-Persona.

• BIOLÓGICO-INFECCIOSA: 0.3 - 1.0 Kg/Cama-Día.

TIPO:	DESCRIPCION:	CONTENIDO DE HUMEDAD:	DENSIDAD KG/M <sup>3</sup>	CONTENIDO DE INERTES:	PODER CALORIFICO KCal/Kg
0	MEZCLA DE DESPERDICIOS SUMAMENTE COMBUSTIBLES: PAPEL, CARTON, CAJAS DE MADERA, BASURA DE LA LIMPIEZA, PROVENIENTES DE ACTIVIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES. CONTIENE HASTA UN 10% EN PESO DE BOLSAS DE PLASTICO, PAPEL DE ENVOLTURA, PAPEL LAMINADO, CARTON CORRUGADO, ESTOPAS CON ACEITE O GRASA, VIRUTAS DE HULE O PLASTICO Y TEXTILES.	10%	128.15 A 160.18	5%	4,700
1	MEZCLA DE DESPERDICIOS COMBUSTIBLES: PAPEL, CARTON, TRAPO, VIRUTAS DE MADERA, HOJAS Y PASTO, BASURA DE LIMPIEZA PROVENIENTE DE ACTIVIDADES DOMESTICAS, DE OFICINA, COMERCIALES E INDUSTRIALES. CONTIENE HASTA UN 20% EN PESO DE BASURAS DE RESTAURANTES, CAFETERIAS, HOTELES, PERO CASI NADA DE PAPEL TRATADO (DE ENVOLTURA, LAMINADO, ETC.), PLASTICO O HULE.	25%	128.15 A 160.18	8%	3,600
2	MEZCLA DE DESPERDICIOS URBANOS, CONSISTENTE EN PARTES IGUALES EN PESO DE DESPERDICIOS TIPO 0 Y 1 (50% BASURA SECA Y 50% BASURA ANIMAL Y VEGETAL), COMUN A CASAS HABITACION Y EDIFICIOS HABITACIONALES.	50%	240.28 A 320.37	7%	2,300
3	DESPERDICIOS ANIMAL Y VEGETAL PROCEDENTES DE RESTAURANTES, CAFETERIAS, HOTELES, HOSPITALES, MERCADOS E INSTALACIONES SIMILARES.	70%	480.55 A 560.64	5%	1,250
4	DESPERDICIO PATOLOGICO CONSISTENTE EN RESIDUOS HUMANOS Y ANIMALES (CUERPOS, ORGANOS, DESPERDICIOS SOLIDOS ORGANICOS), PROVENIENTES DE INSTITUCIONES MEDICAS, HOSPITALES, LABORATORIOS, GRANIAS, RASTROS.	85%	720.85 A 881.01	5%	600
5	PRODUCTOS LIQUIDOS O SEMI-LIQUIDOS COMO ALQUITRANES, LODOS, PINTURAS, ASFALTOS, PROVENIENTES DE PROCEROS INDUSTRIALES.	--- VARIABLE, SE REQUIERE DE UN ESTUDIO ESPECIFICO ---			
6	PRODUCTOS SOLIDOS, HULES, PLASTICOS, SUSTANCIAS QUIMICAS, MADERA, ETC., PROVENIENTES DE DESPERDICIOS INDUSTRIALES.	--- VARIABLE, SE REQUIERE DE UN ESTUDIO ESPECIFICO ---			

FUENTE: Incineradora de Residuos Sólidos, S.A. de C.V.

TABLA IV.1.B.

CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS.

Para efectos de la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1994, además de los establecidos en la Norma NOM-052-ECOL-1993, indicados con los números INE entre paréntesis, se consideran Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos los Provenientes de:

- 1.- La sangre. (No. INE: RPNE 1.2/01)
- 2.- Los productos derivados de la sangre.
- 3.- Los materiales con sangre.
- 4.- Los anteriores materiales, aún cuando se hayan secado, incluyendo el plasma, el suero y los derivados de la sangre, así como los recipientes que lo contienen o lo contuvieron.
- 5.- Los cultivos y muestras almacenadas de agentes infecciosos.
- 6.- La producción de biológicos. (No. INE: RPNE 1.2/02)
- 7.- Los patológicos. (No. INE: RPNE 1.2/03)
- 8.- Los tejidos, órganos, partes y fluidos corporales que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención.
- 9.- Las muestras para análisis.
- 10.- Los cadáveres de animales o partes de éstos.
- 11.- Los no anatómicos derivados de la atención a pacientes y de los laboratorios. (No. INE: RPNE 1.2/04)
- 12.- La cirugía y necropsia.
- 13.- Las terapias y unidades coronarias.
- 14.- El equipo, material y objetos contaminados durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención.
- 15.- Los equipos y dispositivos desechables utilizados para la exploración y toma de muestras de laboratorio, como rectoscopios, otoscopios, espejos vaginales y similares.
- 16.- Los objetos punzocortantes usados. (No. INE: RPNE 1.2/05)
- 17.- Los que han estado en contacto con pacientes durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas, lancetas, jeringas, pipetas Pasteur, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuaje, bisturíes, cajas de Petri, cristalería entera ó rota, porta y cubre objetos, tubos de ensayo y similares. (No. INE: RPNE 1.2/06).

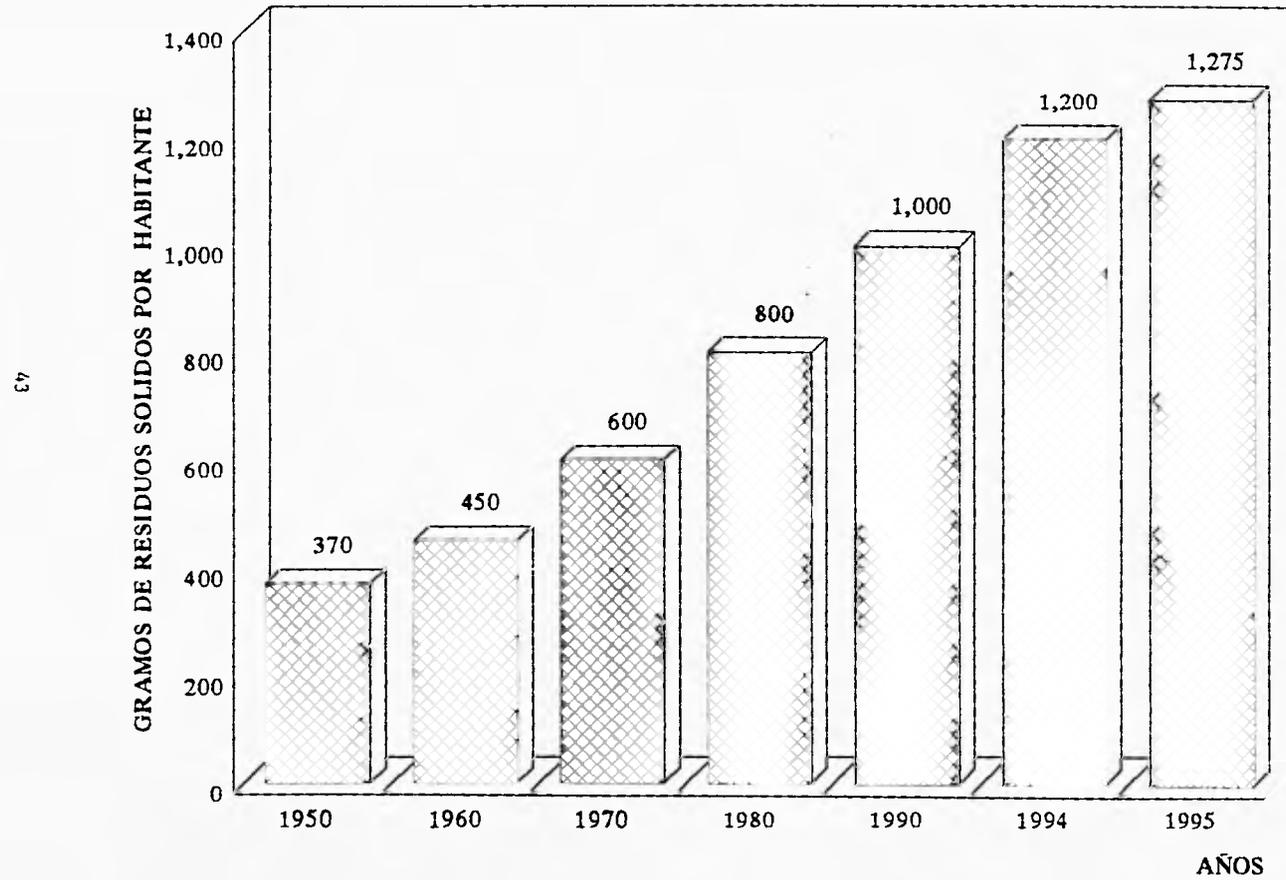
IV.2) DESCRIPCION GENERAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS Y HOSPITALARIOS EN LA CIUDAD DE MEXICO, D.F.

El manejo de los residuos sólidos es el reflejo de las características del proceso de urbanización de la Ciudad de México, D.F.; es por esto que, conforme pasan los años, la generación de basura y su manejo, crecen en proporción directa al tamaño de la población, nivel de ingresos y patrones de consumo. Así, tenemos que, diariamente en 1950, se producían 370 gramos de residuos sólidos por habitante, principalmente biodegradables; en 1960 la producción de residuos sólidos por habitante se incrementó a 450 gramos; para 1970 la cantidad era de 600 gramos; en 1980 se generaban 800 gramos y en 1990 se alcanzó la cifra de 1 kilogramo(7); en 1994, la cantidad diaria de residuos sólidos generados por habitante, fué de 1.2 kilogramos. En Junio de 1995, la cifra era de 1.275 kilogramos, según datos de la Comisión de Ecología de la Cámara de Diputados. La TABLA IV.2.A, presenta una gráfica que muestra éstos incrementos en la rapidez de generación.

En la Ciudad de México, D.F., el principal tratamiento y disposición final que reciben los residuos sólidos domiciliarios, es el confinamiento en rellenos sanitarios; éste servicio es proporcionado por el Departamento del Distrito Federal, a través de la Dirección General de Servicios Urbanos, el cual incluye el servicio de recolección a las puertas de los domicilios, y, aunque es gratuito al usuario, se cobra a través de las contribuciones ó impuestos que rigen en la ciudad. Este proceso se ha utilizado durante mucho tiempo y paralelamente ha ocasionado problemas políticos y sociales; sin embargo, las autoridades capitalinas han buscado alternativas que permitan aprovechar, de alguna manera, los residuos sólidos que se generan en la ciudad, y reducir los problemas sociales que pudieran surgir; tal es el caso de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos de San Juan de Aragón, la cual recibe alrededor de 500 toneladas diarias de residuos sólidos, de las cuales una parte, la de la basura orgánica, se destina a la fabricación de fertilizantes (composta), y la inorgánica a la recuperación de ciertos materiales, como son: papel, cartón, vidrio, aluminio, etc.; así mismo, ésta planta cuenta con tres líneas de incineración, con una capacidad de 30 toneladas diarias. La planta inició sus operaciones en 1974, pero fué cerrada en 1984 por falta de presupuesto para su mantenimiento, y nuevamente fué puesta en operación en 1991, sin embargo, los incineradores no están operando al 100% de su capacidad.

(7).Deffis Caso, A., 1990, La Basura es la Solución.  
(1a. Ed.), México: Editorial Concepto.

TABLA IV.2.A.  
RAPIDEZ DE GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CD. DE MEXICO, D.F. FUENTE: ARQ. ARMANDO DEFIS C.



NOTA: EL VALOR PARA EL AÑO 1995 SE HA ESTIMADO HASTA EL MES DE JUNIO, SEGUN COM. ECO. CAM. DIPUTADOS

El manejo de los residuos sólidos generados en unidades médicas y establecimientos dedicados al cuidado de la salud humana, presentan serios problemas y riesgos a la salud, principalmente para el personal que participa directamente en su manejo, así como para la población en general, debido a su carácter infeccioso y peligroso de algunas de sus fracciones componentes. La fracción de residuos sólidos orgánicos normales puede separarse y manejarse de una manera mas sencilla, pero la fracción infecciosa-peligrosa tiene que ser sometida a un tratamiento para eliminar su peligrosidad antes de ser dispuestos en un relleno sanitario o sitio de confinamiento. La mayoría de los grandes hospitales o centros dedicados al cuidado de la salud humana en la Ciudad de México, D.F., poseen incineradores dentro de sus instalaciones para incinerarlos, pues tienen prohibido entregar sus desperdicios biológicos-infecciosos ó patológicos, a los recolectores públicos de basura, con excepción de las cenizas que se producen después de la incineración de éstos. (8)

Pero no todos los hospitales en la Ciudad de México cuentan con un incinerador, dado que el costo de éstos equipos es muy elevado. Lo que hacen algunos hospitales que carecen de incineradores, es llevar sus residuos a un hospital que si tiene incineradores, y, a cambio de una remuneración, se deshaga de ellos. Esta operación, se lleva a cabo, si el hospital propietario del incinerador aceptase destruir los residuos sólidos del otro hospital, siempre y cuando su volumen de residuos generados sea pequeño. Sin embargo, la mayoría de los propietarios de incineradores son muy celosos en cuanto al uso de sus equipos, porque éstos están diseñados exclusivamente para sus desechos y capacidades de generación y ellos no estarían dispuestos a tener desperfectos en sus equipos por una sobrecarga.

Aunque recientemente se han inventado otros procesos de eliminación de residuos sólidos hospitalarios, como son: la inactivación térmica, la esterilización por irradiación de cobalto 60, la esterilización con microondas, la esterilización con vapor y gases de óxido de etileno/formaldehído ú óxido de cloro, la esterilización con vapor de agua, y la desinfección química especial con soluciones muy concentradas de hipoclorito de sodio, la eliminación final por excelencia sigue siendo la incineración, así mismo, quienes poseen uno

---

(8). Flores Valenzuela, V.M. y Gutiérrez Rojas, M.1992, Alternativas de tratamientos de residuos biomédicos. Manejo eficiente de residuos sólidos, VII Cong. Nac. SMI-SAAC. X, 1.

de estos nuevos procesos, han declarado que tras la aplicación del nuevo proceso, ya sea inactivación ó esterilización, o microondas, deben llevar a incinerar sus residuos, pues es muy poca la confiabilidad que ofrecen éstos nuevos procesos tecnológicos, en cuanto a la eliminación total de la parte biológico-infecciosa ó patológica de los residuos.

En México se conoce muy poco acerca de los nuevos procesos de eliminación de residuos sólidos, dado que todas sus tecnologías son extranjeras, además de que éstos nuevos procesos resultan muy caros, tanto en su precio, como en su mantenimiento, en comparación con los costos de un incinerador; sin embargo, la Legislación Ambiental Mexicana además de los incineradores, permite el uso de sistemas de desinfección térmica con vapor de agua. Como información adicional, se sabe que en Alemania, las leyes ambientales de aquel país, permiten únicamente el uso de plantas de incineración para la eliminación de los residuos hospitalarios, o bien que el hospital generador de residuos cuente con su incinerador propio; y, aunque también está permitido el proceso de desinfección térmica, el resultado final del proceso debe de ser llevado a una planta de incineración, para asegurar su destrucción total. La TABLA IV.2.B, nos presenta un cuadro comparativo de los procesos de disposición final de los residuos sólidos hospitalarios, en Alemania.

En resumidas cuentas, el propósito de la eliminación de los residuos sólidos hospitalarios biológico-infecciosos o patológicos, es evitar que la población tenga contacto directo con ellos, pues se pueden presentar cuadros de contagio de enfermedades, y la propagación de una epidemia ó enfermedad colectiva de graves consecuencias, tal como ocurrió en Julio de 1984 en la ciudad de Goiana, Brasil, donde unos pepenadores de los tiraderos estuvieron contacto con residuos patológicos infectados del virus de la hepatitis tipo "E", terrible enfermedad infecciosa que costó la vida de muchas personas, principalmente familiares de los pepenadores, y vecinos de los tiraderos.

Muchos países, incluido México, se atreven a afirmar que, de todos los procesos de eliminación de residuos patológicos, el más confiable es el de la incineración, pues con él se destruyen los materiales biológico-infecciosos a temperaturas muy elevadas, imposibles de soportar por los agentes patógenos que pudieran estar contenidos dentro de los residuos. Es por eso que, el haber incluido a la incineración como proceso alternativo de eliminación de residuos sólidos hospitalarios en la ciudad de México, D.F., es una decisión acertada.

TABLA IV.2.B

TABLA COMPARATIVA DE LOS PROCESOS DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS HOSPITALARIOS, EN ALEMANIA.

PLANTA DE INCINERACION:	DESINFECCION TERMICA:	MICROONDAS:
<p>PROCESO APROBADO POR LA LEGISLACION AMBIENTAL ALEMANA</p>	<p>PROCESO APROBADO POR LA LEGISLACION AMBIENTAL ALEMANA</p>	<p>PROCESO NO APROBADO POR LA LEGISLACION AMBIENTAL ALEMANA.</p>
<p>REDUCCION VOLUMETRICA DE LOS RESIDUOS, HASTA EN UN 10%, DE SU VOLUMEN ORIGINAL.</p>	<p>DESINFECCION O ESTERILIZACION MEDIANTE LA APLICACION DE VAPOR DE AGUA, A TEMPERATURAS SUPERIORES A LOS 135°C.</p>	<p>NO EXISTEN GARANTIAS DE UNA ESTERILIZACION ABSOLUTA.</p>
<p>ELIMINACION SEGURA DE LOS MICROORGANISMOS PATOGENOS</p>	<p>EL VAPOR DEBE DE PRODUCIRSE POR SEPARADO DEL PROCESO.</p>	<p>PUEDEN EXISTIR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE DEL AREA DE DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS.</p>
<p>EL MAS CONVENIENTE PARA LA DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS ORGANICOS.</p>	<p>ES NECESARIA LA ELIMINACION DE SUSTANCIAS OLOROSAS ANTES DE APLICAR EL PROCESO; LOS METALES PESADOS NO SERAN REMOVIDOS DEL RESTO DE LOS DESECHOS PATOLOGICOS, ASI MISMO EL CALENTAMIENTO LIBERARA A LOS VAPORES DE LOS COMPUESTOS CON MERCURIO.</p>	<p>ES NECESARIA LA ELIMINACION DE SUSTANCIAS OLOROSAS ANTES DE APLICAR EL PROCESO; LOS METALES PESADOS NO SERAN REMOVIDOS DEL RESTO DE LOS DESECHOS PATOLOGICOS, ASI MISMO EL CALENTAMIENTO LIBERARA A LOS VAPORES DE LOS COMPUESTOS CON MERCURIO.</p>
<p>EXISTE UN APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA TERMICA LIBERADA, LA CUAL PUEDE UTILIZARSE COMO GENERADOR DE VAPOR PARA LAVANDERIAS.</p>	<p>POSTERIOR A LA APLICACION DEL PROCESO, LOS DESECHOS DEBERAN DE INCINERARSE, PUES LOS METALES PESADOS NO SE DESTRUYEN, ADEMAS NO EXISTE UNA ELIMINACION 100% SEGURA DE LOS MICROORGANISMOS PATOGENOS.</p>	
<p>PROCESO POSTULADO PARA FORMAR PARTE EN LA LEGISLACION AMBIENTAL DE LA COMUNIDAD EUROPEA.</p>	<p>PROCESO POSTULADO PARA FORMAR PARTE EN LA LEGISLACION AMBIENTAL DE LA COMUNIDAD EUROPEA, PERO CON CIERTAS RESTRICCIONES.</p>	

FUENTE: HÖLTER-INDUSTRIEANLAGEN (AUSTRIA), Ges.m.b.H. "CLINICAL REFUSE DISPOSAL PROCEDURE IN GERMANY", 1994.

IV.3) LEGISLACION AMBIENTAL NACIONAL, APLICABLE A PLANTAS DE INCINERACION DE RESIDUOS.

El proyecto de construcción y arranque de la Planta de Incineración de Residuos Sólidos debe, como todos los proyectos ambientales, de sujetarse a las leyes ambientales vigentes, y que rigen desde la concepción del proyecto como tal, hasta la puesta en operación de la Planta. La Institución responsable de formular, emitir y ordenar dichas leyes ambientales es el Instituto Nacional de Ecología (I.N.E.), de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, (SEMARNAP).

Existe una Legislación Ambiental Nacional Vigente, conformada por Leyes, Reglamentos o Normas, que rigen a los proyectos cuyas instalaciones estén destinadas a la eliminación o tratamiento de residuos, las cuales a continuación se mencionan:

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que es el ordenamiento ecológico que regula todas las actividades relacionadas con la alteración del ambiente, y con la ecología. En Agosto de 1995, la SEMARNAP, realizó una serie de modificaciones a ésta ley, con vistas a cambiar su denominación por la de Ley de Desarrollo Sustentable; dichas modificaciones se dan para ingresar competitivamente en el marco legal ambiental del Tratado Norteamericano de Libre Comercio, de 1994.

La Ley General de Salud, particularmente, El Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de la Disposición de Organos, Tejidos y Cadáveres de Seres Humanos, el cual tiene por objeto proveer, en la esfera administrativa, al cumplimiento de la Ley General de Salud, en lo que se refiere a control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y sus componentes y derivados, productos y cadáveres de seres humanos, con fines terapéuticos, de investigación y de docencia.

El Reglamento de Protección Ambiental del Estado de México, el cual regula las alteraciones al medio ambiente del Estado de México. Y finalmente, El Reglamento para el Servicio de Limpia de la Ciudad de México, que regula las actividades relacionadas con la generación, recolección y transporte de los residuos sólidos domésticos municipales, en el Distrito Federal.

Cabe hacer mención en que todas las leyes ambientales antes citadas, tienen como objetivo común Definir Principios de Política Ecológica General, así como Preservar, Restaurar y Mejorar el Medio Ambiente, Previniendo y Controlando la Contaminación del Aire,

Agua y Suelo, del Territorio Mexicano, así como el Cuidado de la Salud de la Población.

Así mismo, existen Normas emitidas periódicamente por el Instituto Nacional de Ecología (I.N.E.), a través del Diario Oficial de la Federación, o bien en su órgano informativo llamado "Gaceta Ecológica", las cuales buscan complementar y actualizar a las Leyes que previamente han sido emitidas, así como regular las actividades contaminantes o que alteren el medio ambiente de nuestros días.

Dichas normas se denominan Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental (NOM/ECOL), y sustituyen a las Normas Técnicas Ecológicas desde el 1o. de Junio de 1992. Las Normas Oficiales Mexicanas, a diferencia de sus antecesoras, no permiten incumplimiento alguno en cualesquiera de sus estatutos, siendo su carácter plena y totalmente obligatorio, y su violación constituye un delito que puede traer consigo sanciones económicas, administrativas ó penales. El organismo federal encargado de vigilar el cumplimiento de las leyes y normas ambientales, así como de imponer sanciones a su incumplimiento, es la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), perteneciente a la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).

Las Normas Oficiales Mexicanas aplican y rigen en todo el territorio nacional, aún cuando se contradigan con normas ambientales propias de los estados, aunque siempre favoreciendo el cumplimiento de las legislaciones ambientales estatales. Así mismo, las normas establecen un tiempo de gracia, desde su publicación hasta antes de su entrada en vigor, con el fin de atender comentarios ó objeciones a sus contenidos.

La emisión de Normas Oficiales ambientales, obedece también a los requerimientos de la Comisión Nacional de Normalización, la cual se encarga de recomendar la elaboración de normas que se consideren necesarias para el país, así como coordinar a las tareas de las distintas dependencias, que participen en su elaboración.

Para el caso que nos ocupa en la Planta de Incineración de Residuos Sólidos, y según el I.N.E., la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, menciona que en materia de residuos sólidos, el Artículo 5o., Fracción XIX establece que son asuntos de alcance federal la regulación de las actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos, en tanto que el Artículo 6o. Fracción XII y XIII indica que es competencia estatal y municipal la regulación de los residuos que no sean peligrosos, así como los del servicio de limpia, mercados, centrales de abastos, panteones y rastros respectivamente. Por lo que el

generador de residuos, deberá analizar, caracterizar y clasificar los residuos por manejar, tomando en cuenta las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-CRP-001-ECOL/93, publicada el 22 de octubre de 1993, y que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos llamados CRETIB, y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, y por la NOM-CRP-002-ECOL/93, publicada el mismo día, y que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente; para determinar la autoridad encargada de otorgarle las autorizaciones correspondientes. Cabe aclarar que el día 29 de Noviembre de 1994, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el cambio de nomenclaturas de las Normas NOM-CRP-001-ECOL/93 y NOM-CRP-002-ECOL/93, por NOM-052-ECOL-1993 y NOM-053-ECOL-1993, respectivamente.

Para el caso de los residuos peligrosos, o sean aquellos que poseen alguna característica de la clave CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable ó Biológico, y que es una clave y número asignados por el I.N.E.), ó rebasan las concentraciones máximas permitidas establecidas en la NOM-052-ECOL-1993, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, establece en su Artículo 50. Fracción III, que serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del reglamento y de las normas oficiales que de él se deriven, el generador de residuos peligrosos, que es el que debe someter a consideración de la Dirección General de Normatividad Ambiental del Instituto Nacional de Ecología, sus tecnologías o procesos para su revisión y aprobación en su caso.

Así también, en la LGEEPA se establece, en los Artículos 28 y 29 Fracción VI, que la realización de obras o actividades públicas o privadas que puedan causar desequilibrios ecológicos, deberán realizar un estudio de impacto ambiental acompañado de un estudio de riesgo de la obra, los cuales serán presentados a la Dirección General citada, para su dictamen correspondiente.

Por otra parte, el día 19 de Agosto de 1994, fué publicada en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de Norma Oficial Mexicana: NOM-087-ECOL-1994, con entrada en vigor 40 días después de su publicación, aprobada en Junio de 1995 y presentada a la opinión pública el 10 de Agosto de 1995, que establece los Requisitos para la Clasificación, Separación, Envasado, Almacenamiento, Recolección, Transporte, Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos que se Generen en Establecimientos que Presten Atención Médica, Tales como Hospitales y Con-

sultorios Médicos, así como Laboratorios Clínicos, Laboratorios de Reproducción de Biológicos, de Enseñanza y de Investigación, Tanto Humanos como Veterinarios. Dicho proyecto de norma menciona en su Inciso 7, el método de disposición final de la Incineración, y los parámetros que se deben de cumplir antes, durante y después de la incineración de los residuos, así como las condiciones que deben guardar los equipos de incineración, tales como características y cantidades de contaminantes que deben de emitir a la atmósfera, también comprendidos en la Fracción II del Reglamento de la LGEEPA, en Materia de Contaminación de la Atmósfera. En la TABLA IV.3.A, se muestran las concentraciones máximas de contaminantes que debe emitir un equipo de incineración de residuos sólidos, según lo establece el proyecto NOM-087-ECOL-1994. Las respuestas a los comentarios y observaciones para dicha Norma, se publicaron en el Diario Oficial del día 20 de Septiembre de 1995; finalmente, el día 7 de Noviembre de 1995, apareció publicada en el Diario Oficial de La Federación esta Norma Oficial Mexicana, pero con su nueva nomenclatura: NOM-087-ECOL-1995, y su entrada en vigor, será en 180 días después de su publicación.

En materia de contaminación del agua, El Reglamento de Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, actualmente incluido en la LGEEPA, establece los parámetros y obligaciones que deberán observarse, para evitar la contaminación de las aguas del país. Así mismo, la Norma Oficial Mexicana NOM-031-ECOL-1993, viene a apoyar al reglamento anterior, estableciendo las características y cantidades máximas de contaminantes, que habrán de descargarse a los sistemas de drenaje y alcantarillado, provenientes del tratamiento de las aguas residuales. Estas observaciones aplican si el equipo de incineración utiliza agua para efectuar el lavado de los gases de combustión.

El Transporte de los Residuos Sólidos, ya sean Orgánicos ó Hospitalarios, entran en el renglón de Residuos Peligrosos. La regulación del transporte de los Residuos Peligrosos, está definida por El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, en sus capítulos III, IV y V, así como por los Acuerdos por el que se dan a Conocer los Formatos en los que la Industria Nacional Debe Declarar el Volumen y Tipo de Generación de Residuos Peligrosos, su Transporte, y el Método de Disposición Final, Mediante la Presentación de Manifiestos y Reportes al I.N.E. Dichos acuerdos fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de Mayo de 1989. También, existe como regulador del Transporte de Residuos Peligrosos, El Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, expedido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes el día 7 de Abril de 1993, y reforza-

TABLA IV.3.A.

NIVELES MAXIMOS DE EMISION A LA ATMOSFERA DE LOS EQUIPOS DE INCINERACION, SEGUN EL PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-087-ECOL-1994, SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION DEL 19 AGOSTO 1994.

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES:	PARA "ZONAS CRITICAS" (**): mg/m3. (*)	PARA EL RESTO DEL PAIS: mg/m3. (*)	FRECUENCIA DE LA MEDICION:
PARTICULAS:	30.0	100.00	SEMESTRAL
MONOXIDO DE CARBONO:	100.0	100.00	SEMESTRAL
ACIDO CLORHIDRICO:	50.0	75.00	SEMESTRAL
BIOXIDO DE AZUFRE. (SOLO PARA CASOS EN QUE SE QUEME COMBUSTIBLE QUE CONTIENGA AZUFRE):	100.0	100.00	SEMESTRAL
PLOMO:	5.0	5.0	SEMESTRAL
CADMIO Y MERCURIO:	0.2	0.2	SEMESTRAL
CROMO 6:	0.5	0.5	SEMESTRAL
ARSENICO:	0.5	0.5	SEMESTRAL
DIBENZODIOXINAS POLICLORADAS Y DIBENZOFURANOS POLICLORADOS:	Cualquier Cantidad Que Sea Menor o Igual a: 0.5 ng/m3.	Cualquier Cantidad Que Sea Menor o Igual a: 0.5 ng/m3.	ANUAL.
(*) : MEDICION HECHA CON 11% DE OXIGENO EN EXCESO, A 25°C DE TEMPERATURA, Y 1 ATMOSFERA DE PRESION (760 mm. DE MERCURIO).			
(**) : "ZONA CRITICA": Aquella en la que por sus condiciones topográficas y meteorológicas se dificulte la dispersión o se registren altas concentraciones de emisiones contaminantes a la atmósfera.			

FUENTE: Diario Oficial de la Federación, del Día 19 de Agosto de 1994. Cortesía de Nautilus de México, S.A. de C.V.

do desde Junio de 1995, por las Normas Oficiales "NOM-SCT/1994-95", en materia de Residuos Peligrosos. En la ciudad de México, D.F., el Reglamento de Tránsito del Distrito Federal, establece en su artículo 124 los requisitos necesarios para realizar el transporte de residuos tóxicos o peligrosos, dentro del territorio del Distrito Federal.

Para poder obtener la autorización como prestador de servicios en el manejo de residuos peligrosos, la Dirección General de Normatividad Ambiental solicita la contestación de un formato denominado "MRP", así como la presentación del Manifiesto de Impacto Ambiental en su Modalidad General.

Aunque el I.N.E. dió la facilidad de presentar un Informe Preliminar de Riesgos, en sustitución del Estudio de Impacto Ambiental, a pequeños empresarios, o bien, ingresar en el Acuerdo para Liberar a Ciertas Actividades o Empresas del Trámite de Autorización de Impacto Ambiental en el Distrito Federal, publicado en el Diario Oficial el día 25 de Julio de 1995, de manera conjunta con el Departamento del Distrito Federal, así como acogerse al Acuerdo por el Cual se Simplifica el Trámite de la Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental a las Industrias que se Mencionan, Sujetándolas a la Presentación de Un Informe Preventivo, publicado en el Diario Oficial el 23 de Octubre de 1995, la instalación y puesta en marcha de un equipo de incineración, requiere forzosamente de una serie de permisos y trámites, y no se exime de la presentación del Manifiesto de Impacto Ambiental ante las autoridades en la materia.

Así mismo, habrán de entregarse los registros para el control de emisiones a la atmósfera, y la solicitud contestada del registro de descarga de agua residual, si el incinerador tiene sistemas de lavado de gases. De igual forma, las autoridades correspondientes habrán de solicitar una serie de gestiones y trámites, como son: Constancia de Zonificación y Licencia de Uso de Suelo, Permisos de Obra, Registro Federal de Contribuyentes, Declaración de Apertura ante Secretaría de Salud y ante el Registro Municipal, Aviso de Manifestación Estadística, Visto Bueno de Prevención de Incendios, Licencia de Funcionamiento, Alta ante la Cámara, etc.

En la TABLA IV.3.B, se presenta un resumen de la Información Preliminar que debe Presentar una Empresa para Evaluar la Autorización de Instalación y Operación de Un Incinerador en la República Mexicana.

INFORMACION PRELIMINAR QUE DEBE PRESENTAR UNA EMPRESA PARA EVALUAR LA AUTORIZACION DE INSTALACION Y OPERACION DE UN INCINERADOR EN MEXICO

REQUISITO:	ESPECIFICACION	MARCO LEGAL:
CARTA INTENCION A LA DIRECCION GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL (INE-SEMARNAP) FORMATO "IMP".	INDICANDO EL ALCANCE DEL ESTUDIO, ASI COMO EL TIPO DE ESTUDIO, INSTALACION, AREA GEOGRAFICA DE INFLUENCIA Y TIPO DE ADMINISTRACION.	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ART. 8o. FRACC. 21, Y ART. 8o. FRACC. 28 Y 29)
PLAN RECTOR DEL USO DE SUELO	REMITIR COPIA ACTUALIZADA DE LA AUTORIZACION DE USO DEL SUELO OTORGADA POR EL GOBIERNO ESTATAL O DISTRITAL, Y/O MUNICIPAL.	LEY DE OBRAS PUBLICAS (ARTICULO 19). REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL D.F. O DE LOS ESTADOS DE LA REPUBLICA. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ARTICULOS: 28, 29, 31, 32, 33 Y 34)
CUMPLIR CON EL MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL	ENVIAR COPIA DE LA RESOLUCION DE LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL. SI SE TRATA DE PEQUEÑOS PROPIETARIOS, PRESENTAR UN INFORME PRELIMINAR DE RIESGO.	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ARTICULOS: 145, 146, 147, 148 Y 149)
CUMPLIR CON EL ESTUDIO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.	REMITIR COPIA DE DICTAMEN QUE INCLUYA LA DETERMINACION DE LOS USOS DE SUELO DE ACUERDO A LA ACTIVIDAD ALTAMENTE RIESGOSA.	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ARTICULO: 145)
OBTENER LA AUTORIZACION PREVA DEL SITIO PARA LA INSTALACION Y CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA.	OFICIO DE LA DIRECCION GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL, APRORADO LA INSTALACION Y CONSTRUCCION DEL INCINERADOR.	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ART. 8o. FRACC. 21)
PRESENTAR EL PROYECTO EJECUTIVO DE LA INSTALACION PARA SU REVISION Y AUTORIZACION.	REMITIR LOS ESTUDIOS, PROCESOS, DIAGRAMAS, PLANOS, ESPECIFICACIONES, DE OPERACION, TOMANDO EN CUENTA LA NOMINATURAS Y MANUALES CON LOS PLANOS, CORTES Y DETALLES A ESCALA, DE CADA UNA DE LAS PARTES INTEGRANTES DEL PROYECTO.	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ART. 8o. FRACC. 21)
OBTENER LOS REGISTROS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES (INE-SEMARNAP) FORMATO "CCA"	DE ACUERDO A LAS CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA, FIJADAS POR LOS GOBIERNOS FEDERALES, ESTATALES Y MUNICIPALES, O POR LA COMISION NACIONAL DEL AGUA.	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ART. 8o. FRACC. 21)
PRESENTAR EL PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL INCINERADOR.	REALIZAR EL PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL INCINERADOR PARA ESTABLECER CONDICIONES, ESPECIFICACIONES Y EFICIENCIAS EN LA OPERACION DEL INCINERADOR.	REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS, DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ARTS. 7o. AL 29o.) LEY DE AGUAS NACIONALES, TITULO 7, CAP. UNICO, ARTS. 88 AL 98.) ARTICULOS 278 AL 280-4.)
OBTENER LOS REGISTROS PARA EL CONTROL DE EMISIONES A LA ATMOSFERA.	CUMPLIR CON LAS DISPOSICIONES, TALES COMO INVENTARIOS Y REGISTROS DE EMISIONES.	REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS. (ARTICULO 10).
OBTENER LA AUTORIZACION DE FUNCIONAMIENTO EN MATERIA DE CONTAMINACION DE LA DIRECCION GENERAL DE NORMATIVIDAD.	ACATAR LAS CONDICIONES FIJADAS EN LA AUTORIZACION DEL FONDO, NOMBRE CORRESPONDIENTE.	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE. (ARTICULO: 146)
PRESENTAR LOS MANIFIESTOS PARA EMPRESAS GENERADORAS DE RESIDUOS PELIGROSOS.	CUMPLIR CON EL LLENADO DE LOS FORMATOS DE ACUERDO A LOS SERVICIOS QUE PRESTARA LA EMPRESA.	REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, EN MATERIA DE PREVENCIÓN PELIGROSOS. (ARTICULO 10, FRACCION 2).

FUENTE: Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), 1995. Contrata el Instituto de Salud del Estado de México (I.S.E.M.)

De resultar aprobada la instalación del equipo de incineración, periódicamente se deberán de reportar a la Dirección General de Residuos Materiales y Riesgo, del I.N.E., la siguiente información:

1. La cantidad de residuos a incinerar expresados en toneladas, caracterización de los mismos, y tiempo en que se llevará a cabo la incineración.
2. Los resultados de los muestreos isocinéticos de emisiones a la atmósfera, expresados en mg/m3.
3. Medidas y acciones para controlar cualquier contingencia derivada de situaciones por fuga, derrame e incendios durante el manejo de los residuos.
4. Análisis de las cenizas, según la clave CRETIB.

Todo lo anterior debe efectuarse para cumplir con lo dispuesto en el Artículo 29, Fracc. VI, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en Materia de Impacto Ambiental, el cual establece que el Gobierno Federal evaluará a las instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos.

En otro orden de ideas, la cremación de cadáveres humanos es un tema bastante extenso, y que debe considerarse apartado de la incineración de residuos sólidos, dado que los hornos crematorios exclusivos para cadáveres jamás deben de utilizarse para incinerar residuos sólidos, por la problemática que implicaría el manejo posterior de las cenizas. Por lo general los hornos crematorios para cadáveres, se instalan dentro de los cementerios.

La legislación que rige a los hornos crematorios es muy compleja, pues implica lineamientos del orden civil y social, aunque en su instalación y operación deben de observar los parámetros de la legislación ambiental. Como información de marco legal, para éste tipo de cremación, existe el Reglamento de Cementerios del Distrito Federal, expedido por la Presidencia de la República, el día 28 de Diciembre de 1984, y en sus artículos 1 y 52, menciona la legalidad de cremar cadáveres humanos dentro de los cementerios del Distrito Federal.

A mediados de Noviembre de 1995, la Asamblea Legislativa del Distrito Federal, organizó una reunión para analizar el proyecto de "Ley Ambiental para la Ciudad de México, D.F.". Dicho proyecto de ley, pretende preservar y mejorar el ambiente de la ciudad de México, de manera conjunta a lo estipulado por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, pero con novedades muy apropiadas para las condiciones ambientales de la ciudad de México, D.F.

Por último, el día 24 de Noviembre de 1995 fué publicado en el Diario Oficial de la Federación, el proyecto de Norma NOM-059-SSA-1995/1, de la Secretaría de Salud, en el cual se indican los lineamientos que deben de seguir las instituciones y laboratorios biológicos-farmacéuticos, mencionándose la incineración, como medida alterna para la disposición final de los residuos sólidos que ellas se generen.

IV.4) PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL ESTADO DE MEXICO.

La incineración, ha probado ser, el método de eliminación de residuos sólidos más efectivo. En muchos países, incluido México, se prefieren a los equipos de incineración, porque permiten observar la completa destrucción de los residuos hasta convertirlos en cenizas, además de que tienen costos de operación y mantenimiento bajos.

La experiencia de los países industrializados, les ha permitido crear los equipos mas sofisticados de incineración, los cuales permiten disponer de una tecnología ambientalmente sana, en materia de eliminación de residuos. Mas aún han, demostrado que la mejor manera de utilizar estos equipos, es a través de instalaciones centralizadas que presten el servicio de incineración a terceros.

En la actualidad, los equipos mexicanos de incineración son fabricados con amplio sentido de responsabilidad para el cuidado del ambiente, esto se debe a que las leyes ambientales de México y del mundo, exigen mejores métodos de eliminación de los residuos sólidos, utilizando para ello tecnologías que no representen peligro para el ambiente.

Así mismo, dados los problemas económicos del país, las empresas e instituciones que no estén en condiciones de adquirir un equipo de incineración, tendrán que contratar los servicios de una empresa dedicada a recolectar e incinerar residuos sólidos.

En materia legal, el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, expedido en junio de 1995, menciona que: "en materia de regulación ambiental, la estrategia se centrará en consolidar e integrar la normatividad, y en garantizar su cumplimiento. En particular, se fortalecerá la aplicación de estudios de evaluación de impacto ambiental y se mejorará la normatividad para el manejo de residuos peligrosos. El factor de promoción en la regulación ambiental estará dado por un sistema de incentivos que, a través de normas e instrumentos económicos, alienten a productores y consumidores a tomar decisiones que apoyen la protección del ambiente y el desarrollo sustentable."(10)

---

(10). Poder Ejecutivo Federal. 1995, Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000. México, Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Dentro del contexto del Plan Nacional de Desarrollo, el Departamento del Distrito Federal presentó en el Diario Oficial de la Federación del 1 de Noviembre de 1995, el Programa para el Desarrollo del Distrito Federal 1995-2000; programa donde, entre otras cosas, se tiene contemplado mejorar el entorno urbano y preservar el medio ambiente.

Aunque, por la difícil situación económica actual por la que atraviesa el país, muchos inversionistas no desean crear nuevas empresas, éstos momentos son los más oportunos para crear una empresa de servicios de incineración de residuos sólidos a terceros, dado que no existe otra instalación similar en la Ciudad de México y su Zona Conurbada con el Estado de México. La situación política y económica actual, ha hecho que las autoridades sean más flexibles en materia de creación de fuentes de empleo, evitando las intervenciones desleales por parte de funcionarios públicos, y eliminando algunos obstáculos burocráticos que desalentaban la creación de instalaciones similares.

Más aún, a mediados del mes de Octubre de 1995, el Gobierno del Estado de México anunció que otorgaría múltiples facilidades administrativas y fiscales, a empresas que decidieran formarse e instalarse dentro del territorio del Estado de México. Un significativo programa del Gobierno de ese Estado, es el que se denomina "Empresas Mexiquenses"; dicho programa ofrece preferencias, apoyos y estímulos fiscales, por parte del Gobierno del Estado de México, a las empresas formadas y operantes dentro de ese Estado.

Por otra parte, existe un firme apoyo de posibles clientes, que saben que necesitan los servicios de incineración de residuos, así como de proveedores y contratistas los cuales muestran flexibilidad en sus precios y tiempos de entrega, hechos que permiten desarrollar instalaciones de este tipo en menor tiempo.

Aunque en la actualidad el otorgamiento de créditos financieros es bastante difícil y tedioso, existe buena disposición de los bancos por apoyar, pero con mesura, a los nuevos proyectos de inversión.

Finalmente, la propuesta de creación de una Planta de Incineración de Residuos Sólidos en el Estado de México, deberá de ser analizada cuidadosamente, pero procurando mantener el interés y su realización, en un primer plano de prioridad. La capacidad de la planta de incineración, estará dada en función del crecimiento en la generación de residuos dentro de la zona de estudio. La determinación de la capacidad se presenta en el Capítulo V, siguiente.

V. DISEÑO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

- V.1) DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA DE INCINERACION.
- V.2) LOCALIZACION DE LA PLANTA DE INCINERACION.
- V.3) DISEÑO E INGENIERIA CONCEPTUAL, REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS, INSTALACIONES, Y CONSTRUCCIONES DE LA PLANTA.
- V.4) CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA.

## CAPITULO V.

### DISEÑO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION, DE UNA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

#### V.1) DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA DE INCINERACION.

En primer lugar y antes de determinar la capacidad de la planta de incineración, se analizaron los datos planteados en la TABLA III.5.A, anterior, con el propósito de determinar en que partes de la República Mexicana, existen las mayores demandas de los servicios de incineración, ya sea de manera propia por parte de los usuarios, o bien, mediante la contratación del servicio con otra empresa responsable de realizarlo.

Es de notarse, y por razones de alta concentración humana, y la centralización de las actividades sociales, políticas y económicas; que el Distrito Federal y su vecino, el Estado de México, son las entidades en donde se observa la mayor demanda de servicios de incineración de residuos sólidos.

Del total de residuos sólidos orgánicos en el D.F. y Estado de México, 82.1% demandan un servicio contratado con otra empresa responsable, y el 17.9% restante demanda la venta de equipos de incineración para su operación propia en sus instalaciones.

En lo que respecta a los residuos sólidos hospitalarios, para esta misma zona geográfica, el 28.7% demandan servicio contratado y el resto 71.3%, demandan venta de equipos de incineración.

Considerando los valores de la TABLA III.5.A., usuario por usuario, y, estableciendo como capacidad de la planta de incineración los valores correspondientes a la muestra analizada para el Distrito Federal y el Estado de México, la contratación de los servicios de incineración son de 20,000 kg/día de residuos sólidos domiciliarios y de 5,000 kg/día de residuos sólidos hospitalarios, para el año de 1995.

La capacidad de la planta y la proyección de la demanda esperada de incineración contratada, según datos estimados por los propios generadores, por tipo de residuo sólido, se muestra en la TABLA V.1.A.

Las proyecciones, son el resultado de multiplicar el crecimiento anual de cada año, por el porcentaje del crecimiento anual estimado, según los generadores de residuos.

**TABLA V.1.A.**  
**DEMANDA DE SERVICIOS DE INCINERACION DE RESIDUOS ORGANICOS Y**  
**HOSPITALARIOS, PARA EL DISTRITO FEDERAL Y ESTADO DE MEXICO.**  
**(MUESTRA REPRESENTATIVA).**

**1) RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS (KG/DIA)**

CRECIMIENTO ANUAL ESTIMADO:	CAPACIDAD ANUAL:				
	1995(*)	1996(P)	1997(P)	1998(P)	1999(P)
15%	8300	9545	10977	12623	14517
10%	7200	7920	8712	9583	10542
5%	750	788	827	868	912

SUMA:                    16250            18253            20516            23075            25970

CRECIMIENTO PARA EL PERIODO: 1995-1999: 60%      (CALCULADO ENTRE EL ULTIMO Y EL PRIMER VALOR DE LA SUMA).  
 (\*): ESTIMADO.      (P): PROYECTADO

**2) RESIDUOS SOLIDOS HOSPITALARIOS (KG/DIA)**

CRECIMIENTO ANUAL ESTIMADO:	CAPACIDAD ANUAL:				
	1995(*)	1996(P)	1997(P)	1998(P)	1999(P)
20%	1350	1620	1944	2333	2799
15%	1220	1403	1613	1855	2134
10%	1000	1100	1210	1331	1464
5%	400	420	441	463	486

SUMA:                    3970            3970            4543            5208            5982

CRECIMIENTO PARA EL PERIODO: 1995-1999: 51%      (CALCULADO ENTRE EL ULTIMO Y EL PRIMER VALOR DE LA SUMA).  
 (\*): ESTIMADO.      (P): PROYECTADO

En resumen, la capacidad de la planta de incineración durante el periodo 1995 - 1999, tendrá los siguientes valores:

TIPO DE RESIDUO SOLIDO:	1995(*)	1996(P)	1997(P)	1998(P)	1999(P)
1) ORGANICOS (KG/DIA):	16250	18253	20516	23075	25970
2) HOSPITALARIOS (KG/DIA):	3970	3970	4543	5208	5982
SUMA:	20220	22223	25059	28283	31952

CRECIMIENTO PARA EL PERIODO: 1995-1999: 58%      (CALCULADO ENTRE EL ULTIMO Y EL PRIMER VALOR DE LA SUMA).  
 (\*): ESTIMADO.      (P): PROYECTADO

V.2) LOCALIZACION DE LA PLANTA DE INCINERACION.

Una vez definida la capacidad de la planta para el periodo 1995-1999, esto es: 20,000 kg/día de residuos sólidos orgánicos y 5,000 kg/día de residuos sólidos hospitalarios en 1995, con un porcentaje de crecimiento del 64% y del 60%, respectivamente; y sabiendo que la mayor demanda de servicios se encuentra en el D.F. y el Estado de México, se determinó el lugar más conveniente para su localización, dentro del área seleccionada.

Por la proximidad a los Municipios del Estado de México, como son Naucalpan, Tlalnepantla, Texcoco, Nezahualcóyotl, Ecatepec, y por su fácil acceso al Distrito Federal, se seleccionó como lugar para la ubicación de la Planta de Incineración de Residuos sólidos, el Municipio de Tequixquiac, Edo. de México.

Las principales razones para su selección, fueron las siguientes:

- 1) Localizado cerca de los municipios con mayor producción de residuos sólidos y a las delegaciones de la parte norte del Distrito Federal, las cuales tienen la mayor densidad de población.
- 2) Ubicado cerca del actual relleno sanitario del D.D.F.- D.G.S.U. en Bordo Poniente en el límite del D.F. con el Estado de México. De éste lugar se espera que se tenga la mayor demanda de servicios, principalmente de residuos sólidos hospitalarios.
- 3) Ofrece ventajas técnicas para la operación de los incineradores, ya que cuenta con una alta temporada de vientos dominantes y constantes que difunden los gases productos de la combustión, sin afectar áreas de población.
- 4) El Municipio cuenta con terrenos y servicios adecuados para la instalación de la planta. Además existen áreas poco pobladas en donde la operación de los incineradores no afectan a otras instalaciones fabriles o residenciales.
- 5) Existe mano de obra especializada en operación de hornos e incineradores ya que la zona es industrializadora de minerales y cementos, como lo son las poblaciones de Apaxco, y Zumpango, en el Estado de México, así como Tizayuca, en el de Hidalgo, ubicadas a 8, 12 y 28 kilómetros, respectivamente, del sitio donde se ubicará la planta.

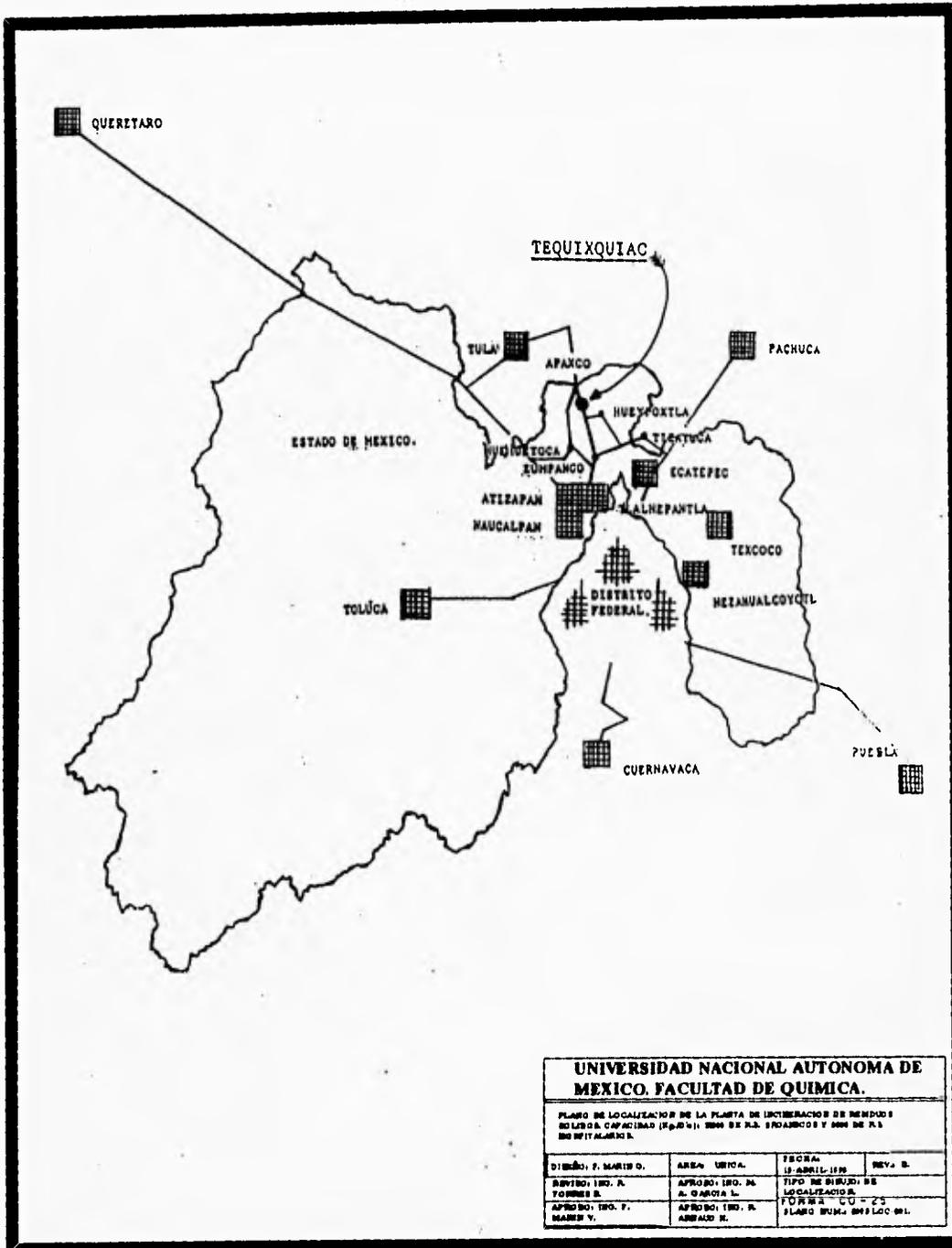
En el Plano 1 anexo, se muestra un Croquis de Localización de la Planta de Incineración de Residuos Sólidos en el Estado de México, en el Municipio de Tequixquiac, Mex.

Como información cultural, se sabe que este municipio fué fundado en el año 1168 por la cultura chichimeca; tiene actualmente 10,000 habitantes, su principal cultivo es el maíz y es productor de ganado ovino y porcino. Es también el punto geográfico donde se unen el Gran Canal del Desague de la Ciudad de México, D.F., con el río Salado, que es un afluente del río Moctezuma, a su vez, afluente del río Tula, portador de las aguas negras hacia el Golfo de México. Posee un clima ligeramente seco y estepario, sin alcanzarse temperaturas extremadamente altas en verano, pero sí bastante bajas en invierno. El suelo es semi-árido y arcilloso, su topografía es prácticamente plana, y su hidrografía es muy poca, aunque cuenta con el arroyo Tlapanaloya y algunos canales de riego agrícola, además de que está muy cercano al Lago Zumpango. Existen muy pocos mantos freáticos y el subsuelo es bastante firme.

Cuenta con una terminal de autobuses foráneos, que van hacia diversas ciudades de los estados de Hidalgo, México, Querétaro, y principalmente hacia la ciudad de México, D.F. No tiene estación del ferrocarril, aunque este pasa por el poblado de Tequixquiac; está dotado de energía eléctrica, agua potable entubada y drenaje, y está enlazado con la red telefónica de Telmex y de las empresas de telefonía celular y beeper. Cuenta con una oficina de correos del Sepomex, y dos oficinas de empresas particulares de mensajería, también tiene una oficina de telégrafos del sistema Telecomm, y una estación comercial de radio, aunque se reciben perfectamente las señales de radio y televisión de muchas de las estaciones difusoras de la ciudad de México, D.F., con antena aérea.

La ruta de acceso a la planta, partiendo del Distrito Federal, es por la Autopista México-Querétaro, desviación en el entronque de San Miguel Jagueyes, de la carretera estatal No. 6 a Tizayuca, Hgo. y entrando por Huehuetoca, Méx., o bien por la carretera estatal No. 9, que va de Zumpango, Mex. a Apaxco de Ocampo, Mex. y Tula, Hgo., en el kilómetro 20, dirección Sur-Norte.

La selección del sitio, resultó luego de analizar las opciones que representaban cuatro sitios distintos, ubicados en la periferia del Distrito Federal: Ixtapaluca, Mex., Lerma, Mex., Tres Marias, Mor. y Tequixquiac, Mex.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. FACULTAD DE QUIMICA.**

PLANO DE LOCALIZACION DE LA PLANTA DE LICENCIACION DE SODIOS  
SEGUNDA CAPACIDAD (2000) 1000 DE P.L. SODIUMOS Y 400 DE P.L.  
SODIUMOS.

DISEÑO: F. MARINO.	AREA: QUIMICA.	FECHA: 18-ABRIL-1988	REV. B.
APROBADO: ING. A. TORRES B.	APROBADO: ING. AL. A. GARCIA L.	TIPO DE DISEÑO: DE LOCALIZACION.	
APROBADO: ING. F. BLANCO Y.	APROBADO: ING. A. ARRASO R.	FUENTE: CU-25 PLANO NUM. 001 LOC. 001.	

El municipio de Ixtapaluca, Estado de México, localizado en la parte oriente del Distrito Federal, a la salida hacia la ciudad de Puebla, Pue., pese a contar con buenos y múltiples servicios, se descartó como sitio de instalación, debido a la existencia de muchas irregularidades en materia de asentamientos humanos. Estas irregularidades, a futuro representan problemas sociales, que pudieran llegar a amenazar la operación de la planta, debido a que estaría en franca cercanía con núcleos poblacionales, que, por su pobre formación cultural y educacional sobre la materia, no verían con agrado la presencia de éste tipo de instalaciones.

La ciudad de Lerma, Estado de México, ubicada al poniente del Distrito Federal, en dirección hacia la ciudad de Toluca, Mex., se localiza en una zona industrial, cuenta con una gama completa de servicios; sin embargo, los costos de los terrenos y de la mano de obra son muy elevados, así mismo, el entorno ecológico del lugar está muy deteriorado, por lo que las autoridades exigen una serie de contribuciones para sanear el lugar, previo a la construcción, y posteriormente con la puesta en marcha, de cualquier nueva instalación industrial que se ubique en el lugar; también, las distancias hacia los generadores de residuos son mayores, y los costos del transporte son bastantes significativos.

Por último, el pueblo de Tres Marias, Estado de Morelos, está ubicado al sur del Distrito Federal, rumbo hacia la ciudad de Cuernavaca, Mor. No cuenta con los servicios adecuados para éste tipo de plantas, existen muchos mantos freáticos (depósitos subterráneos naturales de agua), que pudieran afectarse. Las vías de comunicación son bastante buenas, al igual que los terrenos de la zona; sin embargo, la cultura y educación de la población local, no es la suficiente como para alcanzar a entender lo que representan éste tipo de instalaciones, aún con la presencia de medidas de seguridad y protección ambiental.

V.3) DISEÑO E INGENIERIA CONCEPTUAL, REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS, INSTALACIONES, Y CONSTRUCCIONES DE LA PLANTA.

Para el caso que ocupa a ésta Tesis, los cálculos para el dimensionamiento de un equipo de incineración, son los siguientes:

**CALCULO DE LA CAPACIDAD DE INCINERACION:**

$$C.I. = \frac{(CQC1 \times \text{No.}QC1) / (VETC1)}{(PCRS \times DRS)} \times (F.G.)$$

DE DONDE:

C.I.= CAPACIDAD DE INCINERACION, EN Kg/hr.

CQC1= CAPACIDAD DE LOS QUEMADORES DE LA CAMARA PRIMARIA, EN Kcal/hr.

No.QC1= NUMERO DE QUEMADORES EN LA CAMARA PRIMARIA.

VETC1= VOLUMEN EFECTIVO DE TRABAJO EN CAMARA PRIMARIA, EN m3.

PCRS= PODER CALORIFICO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS A INCINERAR, EN Kcal/Kg.

DRS= DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS A INCINERAR, EN Kg/m3

F.G.= FACTOR DE GOODRID (CANTIDAD MINIMA DE RESIDUOS A LA CUAL SE SATURA DE CARGA MUERTA EL EQUIPO DE INCINERACION), EN Kg.

LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS, VARIA DEPENDIENDO SU COMPOSICION. LOS RESIDUOS SECOS O INFLAMABLES TIENEN UNA DENSIDAD QUE VARIA DE 128.15 A 560.64 Kg/m3, POR OTRA PARTE LOS RESIDUOS HUMEDOS O PATOLOGICOS (BIOLOGICO-INFECCIOSOS) TIENEN UNA DENSIDAD PROMEDIO DE 800 Kg/m3. LOS PODERES CALORIFICOS DE LOS RESIDUOS ES MAYOR EN AQUELLOS CON BAJOS CONTENIDOS DE HUMEDAD (1,250 A 4,700 Kcal/Kg), Y MUCHO MENOR EN LOS RESIDUOS PATOLOGICOS (600 Kcal/Kg).

EL FACTOR DE GOODRID, ES UN VALOR QUE INDICA LA CAPACIDAD MAXIMA, EN Kgs., DE RESIDUOS QUE CABEN EN EL VOLUMEN EFECTIVO DE TRABAJO DE UNA CAMARA DE TERMODESTRUCCION, DEPENDIENDO DEL TIPO DE RESIDUO QUE SE PRETENDA INCINERAR. DE LO ANTERIOR SE DESPRENDE QUE:

VOLUMEN EFECTIVO DE TRABAJO CAMARA PRIMARIA, EN m3:	FACTOR DE GOODRID EN Kgs.:
DE 0.50 A 0.99	15
DE 1.00 A 1.99	45
DE 2.00 A 2.99	90
DE 3.00 A 3.99	195

PARA LOS INCINERADORES CREMATORIOS PROPUESTOS EN ESTA TESIS, PARA INCINERAR LOS RESIDUOS BIOLÓGICOS INFECCIOSOS EN LA PLANTA DE INCINERACION, SE TIENE QUE:

LA CAMARA PRIMARIA DE TERMODESTRUCCION, TIENE UN VOLUMEN EFECTIVO DE TRABAJO DE 3.41 m<sup>3</sup> (ANCHO: 0.72 m, LARGO: 2.51 m, ALTO: 1.89 m). EN DICHA CAMARA SE DISPONE DE 2 QUEMADORES DE GAS L.P., CON CAPACIDAD DE 252,000 Kcal/hr., CADA UNO.

LA DENSIDAD CARACTERISTICA DE LOS RESIDUOS PATOLOGICOS ES DE 800 Kg/m<sup>3</sup>, Y SU PODER CALORIFICO ES DEL ORDEN DE 600 Kcal/hr.

PARA EL EQUIPO PROPUESTO, F.G. = 195 Kg.

$C.I. = ((252,000 \times 2) / 3.41) / (600 \times 800) \times (F.G.)$

C.I. = 60.04 Kg/hr.,

ESTO SIGNIFICA QUE EL INCINERADOR CREMATORIO PROPUESTO, TENDRA UNA CAPACIDAD DE INCINERACION DE 60 Kg/hr.

**CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL EQUIPO DE INCINERACION, Y DEL TIEMPO DE INCINERACION POR CARGA:**

CAPACIDAD DE CARGA:

$C.C. = (CNC) \times (DRS)$

DE DONDE:

C.C. = CAPACIDAD DE CARGA DEL INCINERADOR, EN Kg/CARGA.

CNC = CAPACIDAD NOMINAL DE CARGA DEL INCINERADOR, EN dm<sup>3</sup>/CARGA.

DRS = DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS, EN kg/m<sup>3</sup>.

PARA EL EQUIPO DE INCINERACION PROPUESTO, LA CAPACIDAD DE CARGA DEL INCINERADOR ES:

CNC = 60 dm<sup>3</sup>/CARGA.

$C.C. = 60 \times 800 \times (1/1000)$

C.C. = 48 Kg/CARGA.

CON EL DATO ANTERIOR DE LA CAPACIDAD DE CARGA, SE PROCEDE AHORA A CALCULAR EL TIEMPO DE INCINERACION:

$$T.I. = (C.C. / C.I.) \times 60 \text{ min.}$$

DE DONDE:

$$T.I. = \text{TIEMPO DE INCINERACION, EN min/CARGA.}$$

$$C.C. = \text{CAPACIDAD DE CARGA DEL INCINERADOR, EN Kg/CARGA.}$$

$$C.I. = \text{CAPACIDAD DE INCINERACION, EN Kg/hr.}$$

PARA EL CASO QUE NOS OCUPA:

$$T.I. = ( 48 / 60 ) \times 60$$

$$T.I. = 48 \text{ min/CARGA.}$$

**CALCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA DE LOS GASES DE COMBUSTION EN LA CAMARA SECUNDARIA DEL INCINERADOR-CREMATORIO, PROPUESTO PARA LA PLANTA DE INCINERACION.**

i. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

(VER DIAGRAMA 1, ANEXO)

ii. DATOS DE OPERACION.

CANTIDAD DE RESIDUOS: 60 Kg/hr.  
CANTIDAD DE GAS: 20 Kg/hr. (CAMARA PRIMARIA)  
10 Kg/hr. (CAMARA SECUNDARIA)

CANTIDAD DE AIRE PRIMARIO (Ap): 442 m<sup>3</sup>/hr./QUEMADOR.

CANTIDAD DE AIRE SECUNDARIO (As): 901 m<sup>3</sup>/hr.  
(SUMINISTRADO CON SISTEMA DE INYECCION INDEPENDIENTE).

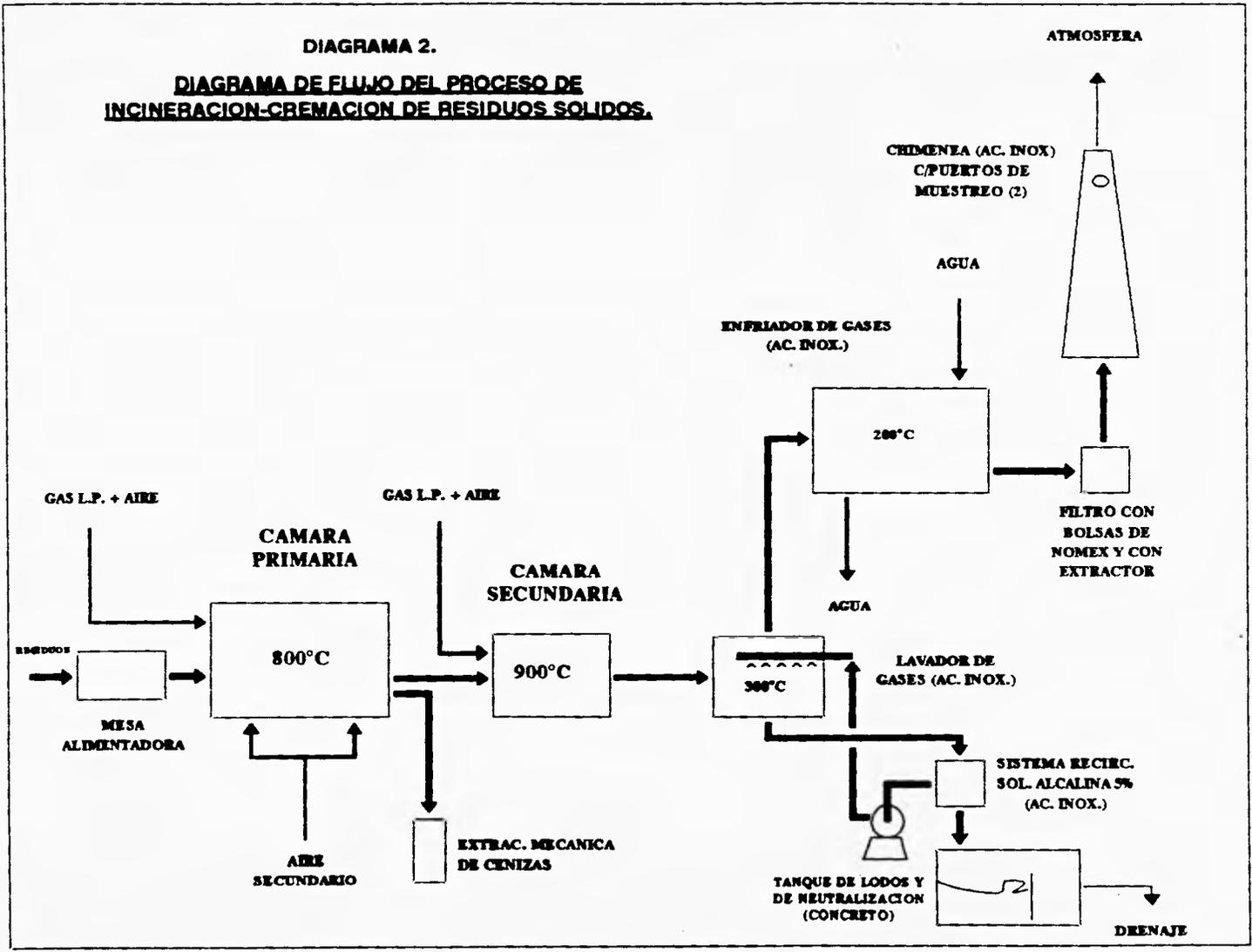
COMPOSICION DE LOS RESIDUOS:

C = 8.3 Kg/hr.  
H<sub>2</sub> = 3.2 Kg/hr.  
O<sub>2</sub> = 0.5 Kg/hr.

TOTAL = 12.0 Kg/hr.

HUMEDAD: 80% (DE 60 Kg/hr.) = 48 Kg/hr.

**DIAGRAMA 2.**  
**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE**  
**INCINERACION-CREMACION DE RESIDUOS SOLIDOS.**



CANTIDAD DE CENIZAS PRODUCIDAS:

EL CONTENIDO DE INERTES (CENIZAS), DE LOS RESIDUOS PATOLOGICOS O BIOLÓGICO-INFECCIOSOS, ES DE UN 5%; ESTO QUIERE DECIR QUE LOS RESIDUOS ALIMENTADOS AL INCINERADOR HABRAN DE REDUCIRSE EN 95%, QUEDANDO SOLO UN 5% DE CENIZAS.

POR LO TANTO, SI SE INTRODUCEN 60 Kg/hr. DE RESIDUOS, SE REDUCIRAN EN 95% (57 kg/hr.), QUEDANDO ÚNICAMENTE UN 5% DE MATERIAL INERTE O CENIZAS, ESTO ES: 3.0 Kg/hr.

iii. DIMENSIONES DE LAS CAMARAS DE INCINERACION.

CAMARA PRIMARIA: EXTERIORES: 1.40 X 3.20 X 2.34 m.  
INTERIORES: 0.72 X 2.51 X 1.89 m.  
(ANCHO X LARGO X ALTO).

VOLUMEN EFECTIVO DE TRABAJO: 3.4156 m<sup>3</sup>.

CAMARA SECUNDARIA: EXTERIORES: 0.80 X 2.50 X 2.34 m.  
INTERIORES: 0.63 X 1.81 X 1.89 m.  
(ANCHO X LARGO X ALTO).

VOLUMEN EFECTIVO DE TRABAJO: 2.1551 m<sup>3</sup>.

iv. ECUACION PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA EN LA CAMARA SECUNDARIA, TR:

$$TR = Vcs (m^3) / Wgc2 (m^3/seg.)$$

EN DONDE:

TR = TIEMPO DE RESIDENCIA (Segundos).

Vcs = VOLUMEN DE CAMARA SECUNDARIA (m<sup>3</sup>).

Wgc2 = FLUJO DE GASES CALIENTES (m<sup>3</sup>/seg.)

v. CALCULO DEL FLUJO DE GASES CALIENTES EN LA CAMARA SECUNDARIA,  
Wgc2:

A) FLUJO DE GASES EN LA CAMARA PRIMARIA, Wgc1:

$$Wgc1 = W_r + W_g1 + W_{ap1} + W_{as}$$

EN DONDE:

Wgc1 = FLUJO DE GASES CALIENTES EN LA CAMARA  
PRIMARIA, (m3/seg.)

W<sub>r</sub> = GASES DE COMBUSTION DE LOS RESIDUOS,  
(m3/seg.)

W<sub>g1</sub> = GASES DE COMBUSTION DEL GAS L.P. CAMARA  
PRIMARIA, (m3/seg.)

W<sub>ap1</sub> = CANTIDAD DE AIRE PRIMARIO, (m3/seg.)

W<sub>as</sub> = CANTIDAD DE AIRE SECUNDARIO, (m3/seg.)

B) FLUJO DE GASES EN LA CAMARA SECUNDARIA, Wgc2:

$$Wgc2 = Wgc1 + W_g2 + W_{ap2}$$

EN DONDE:

Wgc2 = FLUJO DE GASES CALIENTES EN LA CAMARA  
SECUNDARIA, (m3/seg.)

Wgc1 = FLUJO DE GASES EN LA CAMARA PRIMARIA,  
(m3/seg.)

W<sub>g2</sub> = GASES DE COMBUSTION DEL GAS L.P. EN LA  
CAMARA SECUNDARIA, (m3/seg.)

W<sub>ap2</sub> = CANTIDAD DE AIRE PRIMARIO, (m3/seg.)

vi. BALANCE DE GASES DE COMBUSTION:

Datos obtenidos con mediciones de Tubo Pitot.

(m3/seg.)					
<u>CAMARA PRIMARIA:</u>	<u>CO2</u>	<u>H2O</u>	<u>N2</u>	<u>O2</u>	<u>SUMA:</u>
Wr	0.2123	0.3776	-----	-----	0.5899
Wg1	0.0531	0.0944	-----	-----	0.1475
Wap1	-----	-----	0.0341	0.0183	0.0524
Was	-----	-----	0.0797	0.0238	0.1035
<hr/> Wgc1	<hr/> 0.2654	<hr/> 0.4720	<hr/> 0.1138	<hr/> 0.0421	<hr/> 0.8933
 <u>CAMARA SECUNDARIA:</u>	<u>CO2</u>	<u>H2O</u>	<u>N2</u>	<u>O2</u>	<u>SUMA:</u>
Wgc1	0.2654	0.4720	0.1138	0.0421	0.8933
Wg2	0.0664	0.0525	-----	-----	0.1189
Wap2	-----	-----	0.0284	0.0104	0.0388
<hr/> Wgc2	<hr/> 0.3318	<hr/> 0.5245	<hr/> 0.1422	<hr/> 0.0525	<hr/> 1.0510

vii. CALCULOS DEL TIEMPO DE RESIDENCIA.

$$TR = Vcs (m3) / Wgc2 (m3/seg.)$$

$$TR = 2.1551 m3 / 1.0510 m3/seg. = 2.0505 Segundos.$$

$$TR = 2.05 Segundos.$$

viii. CALCULO DE PORCENTAJE DE EXCESO DE OXIGENO.

CAMARA PRIMARIA:

$$\begin{aligned} \% \text{ DE E.O.} &= (0.0421 / 0.8933) \times 100 \\ &= 4.71 \% \end{aligned}$$

CAMARA SECUNDARIA:

$$\begin{aligned} \% \text{ DE E.O.} &= (0.0525 / 1.0510) \times 100 \\ &= 4.99\% \end{aligned}$$

**CALCULO DE LA CANTIDAD DE CALOR QUE PASA A TRAVES DE LAS PAREDES DE LA CAMARA PRIMARIA, DEL EQUIPO DE INCINERACION.**

LA CAMARA PRIMARIA DE INCINERACION TIENE LAS SIGUIENTES DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS:

Las paredes interiores de la cámara primaria o de termodestrucción, están construidas de Tabique Refractario de 38% de Alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y 55% de Silice (SiO<sub>2</sub>), cuya conductividad térmica es de 0.8595 Kcal/hr m °C. Las dimensiones de las paredes de la cámara primaria, son: Longitud: 2.51 m, Altura: 1.89 m, Espesor: 0.114 m. Entre estas paredes y el envolvente exterior de lámina, se encuentra un recubrimiento de Fibra Cerámica Aislante, la cual tiene un espesor de 0.025 m, y una conductividad térmica de 0.042 Kcal/hr m °C, su longitud y altura son las mismas que las paredes de tabique refractario. Finalmente existe un envolvente de lámina Negra de Fierro, Calibre 12, con un espesor de .0045 m, conductividad térmica de 51 Kcal/hr m °C, y de la misma longitud y altura que las paredes de tabique refractario.

La temperatura máxima alcanzada dentro de la cámara primaria es de 800 grados Centígrados. La Temperatura del exterior es la temperatura ambiente promedio (25 grados centígrados).

La cantidad de Calor se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = ((T_1 - T_4) * (A)) / ((x_1/k_1) + (x_2/k_2) + (x_3/k_3))$$

En Donde:

Q: Cantidad de Calor que Pasa a Través de la Pared.

T<sub>1</sub>: Temperatura del Interior de la Cámara Primaria.

T<sub>4</sub>: Temperatura del exterior del Incinerador.

A: Area Total de la pared. (Long. X Altura)

x<sub>1</sub>: Espesor de la Pared de Tabique Refractario.

k<sub>1</sub>: Conductividad Térmica del Tabique Refractario.

x<sub>2</sub>: Espesor de la Fibra Cerámica.

k<sub>2</sub>: Conductividad Térmica de la Fibra Cerámica.

x<sub>3</sub>: Espesor del Envolvente de Lámina Negra de Fierro.

k<sub>4</sub>: Conductividad de la Lámina Negra de Fierro.

$$Q = \frac{((800-25)*(2.51*1.89))}{((0.114/0.8595)+(0.025/0.042)+(0.0045/51))} = 5050.5 \text{ Kcal/hr}$$

Calor Que Pasa por las Paredes de Cámara Primaria: 5050.5 Kcal/hr

**CANTIDAD DE CALOR EXTRAIDO A LOS GASES DE COMBUSTION, MEDIANTE EL SISTEMA DE LAVADO Y ENFRIAMIENTO DEL INCINERADOR.**

El sistema de lavado y enfriamiento de gases de combustión, enfría y libera de material particulado, a los gases provenientes de la Cámara Secundaria de Combustión, la cual tiene como función principal la postcombustión de los gases provenientes de la cámara primaria. En dicha cámara secundaria, la temperatura máxima promedio alcanzada, es de 900 grados centígrados; la presión máxima alcanzada dentro de la cámara es de 1.1 ATM.

Las dimensiones de dicha cámara secundaria son: Longitud: 1.81 m, Anchura: 0.63 m, Altura: 1.89 m. El tiempo de residencia de los gases de combustión en la cámara secundaria es de 2.05 segundos. La composición de los gases de combustión es la siguiente:

CO<sub>2</sub> = 31.5% (0.3318 m<sup>3</sup>/seg.)      H<sub>2</sub>O = 49.9% (0.5245 m<sup>3</sup>/seg.)  
N<sub>2</sub> = 13.5% (0.1422 m<sup>3</sup>/seg.)      O<sub>2</sub> = 5.1% (0.0525 m<sup>3</sup>/seg.)

Los pesos moleculares de los gases, son los siguientes:

CO<sub>2</sub> = 44 g/mol, H<sub>2</sub>O = 18 g/mol, N<sub>2</sub> = 28 g/mol, O<sub>2</sub> = 32 g/mol.

Las capacidades caloríficas, se calculan mediante la ecuación:

$C_p = a + ((b/2) * (T_{out} - T_{in})) + ((c/3) * ((T_{out}^2) + (T_{out} * T_{in}) + (T_{in}^2)))$   
De donde:

CO<sub>2</sub> a 900°C = 12.48 cal/mol K      H<sub>2</sub>O a 900°C = 9.42 cal/mol K  
N<sub>2</sub> a 900°C = 7.61 cal/mol K      O<sub>2</sub> a 900°C = 8.13 cal/mol K

El sistema de enfriamiento, enfría los gases de combustión, de 900 a 300 grados centígrados.

Cálculos:

i). La Densidad de la mezcla gaseosa, puede calcularse a partir de la ecuación general del Gas Ideal:

$$d = (P * (PM)) / (R * T); \quad R = 0.082 \text{ L ATM/mol K}$$

El Peso molecular de la mezcla gaseosa es:

$$PM = (0.315 * 44) + (0.499 * 18) + (0.135 * 28) + (0.051 * 32)$$

$$PM = 28.25 \text{ g/mol}$$

$$d = (1.1 * 28.25) / (0.082 * 1173.15) = 0.323 \text{ g/L}$$

ii). Flujo Másico:

$$M = d * FV;$$

FV: Flujo Volumétrico = Vol. ef. Cámara Sec./Tiempo Resid.

$$M = (0.323 \text{ g/L} * (2150 \text{ L} / 2.05 \text{ seg.})) = 339 \text{ g/seg.}$$

iii). Capacidad Calorífica de la mezcla gaseosa:

$$C_p = (0.315 * 12.48) + (0.499 * 9.42) + (0.135 * 28) + (0.051 * 32)$$

$$C_p = 10.07 \text{ Cal/mol K}$$

iv). Flujo Molar

$$FM = M/PM = 339/28.25 = 12 \text{ mol/seg.}$$

v). Cantidad de Calor Retirado por el Sistema de Enfriamiento:

$$Q = FM * C_p * (T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}})$$

$$T_{\text{salida}} = 300^{\circ}\text{C} = 573.15 \text{ K}; \quad T_{\text{entrada}} = 900^{\circ}\text{C} = 1173.15 \text{ K}$$

$$Q = (12 * 10.07 * (573.15 - 1173.15))/1000 = -72.5 \text{ Kcal/seg.}$$

**CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR, EN EL INTERCAMBIADOR DE CALOR A LA SALIDA DE LA CHIMENEA:**

El intercambiador de calor, a la salida de la chimenea, tiene como función principal, enfriar los gases antes de su salida al sistema de filtrado, dado que los elementos filtrantes pueden dañarse a temperaturas superiores a los 150 grados centígrados.

Dicho intercambiador de calor vertical, está integrado por una coraza de Placa de Fe, y un haz de 21 tubos de acero inoxidable T-304, Ced.10, de 2" diam., espaciados entre sí, por arreglo cuadrado 38 mm. No tiene mamparas, su longitud es de 4 ft., los gases calientes fluyen a través de los tubos a razón de 1.05 m<sup>3</sup>/seg. entrando a 300°C, y saliendo a 150°C. Por la coraza fluye agua a contracorriente, a razón de 600 L/hr, que entra a una temperatura de 25°C y sale a 60°C.

Cálculos:

i). El  $C_p$  de los gases a la entrada del intercambiador es de:  
8.84 cal/mol K.

ii). La densidad de los gases calientes (300°C) es de: 323 g/m<sup>3</sup>  
La densidad del agua a 25°C, es de: 997,000 g/m<sup>3</sup>.

iii). El flujo másico de los gases calientes y del agua es de:

$$M_{\text{gas}} = 1.05 \text{ m}^3/\text{seg} * 323 \text{ g/m}^3 = 339 \text{ g/seg}$$

$$M_{\text{agua}} = 0.000167 \text{ m}^3/\text{seg} * 997,000 \text{ g/m}^3 = 166 \text{ g/seg.}$$

iv). Diferencia Logaritmica Media de Temperaturas, (LMTD):

$$\text{LMTD} = \frac{(\text{Tin gas} - \text{Tout agua}) - (\text{Tout gas} - \text{Tin agua})}{\ln \left( \frac{\text{Tin gas} - \text{Tout agua}}{\text{Tout gas} - \text{Tin agua}} \right)}$$

$$\text{LMTD} = \frac{((300-60)-(150-25))}{(\ln((300-60)/(150-25)))} = 173.3 \text{ } \underline{\text{C}}.$$

v). Area de Transferencia de Calor en los tubos:

$$A_o = \text{Long.} * \text{Diam. int.} * (\text{No. de Tubos}) * \text{PI}$$

$$\text{Long.} = 4 \text{ ft.} = 1.2192 \text{ m}$$

$$\text{Diam int.} = 0.0508 \text{ m}$$

$$\text{No. de Tubos} = 21$$

$$\text{PI} = 3.1416$$

$$A_o = (1.2192) (0.0508) (21) (3.1416) = 4.08 \text{ m}^2$$

vi). Cantidad de calor retirado:

$$Q = (\text{FM gas}) * (\text{Cp gas}) * (\text{Tin gas} - \text{Tout gas})$$

De donde:

$$\text{FM gas} = (339 \text{ g/seg}) / (28.25 \text{ g/mol}) = 12 \text{ mol/seg}$$

$$Q = 12 * 8.84 * 150 = 15,912 \text{ cal/seg}$$

vii). Coeficiente de Transferencia de Calor:

$$Q = A_o * U_o * \text{LMTD}; \quad U_o = Q / (A_o * \text{LMTD})$$

$$Q = 15,912 / (4.08 * 173.3)$$

$$Q = 22.5 \text{ cal/seg m}^2 \text{ } \underline{\text{C}} = 81 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } \underline{\text{C}}$$

El Coeficiente de Transferencia de Calor en el Intercambiador de Calor, a la salida de la chimenea es de: 81 Kcal/hr m<sup>2</sup> °C.

El equipo de incineración, que permita disponer de una tecnología ambientalmente sana, para la eliminación de residuos, deberá diseñarse para incinerar residuos sólidos a una temperatura máxima de 700 a 1000 grados centígrados. No es recomendable trabajar el incinerador a temperaturas mayores a 1200 grados centígrados, pues a esta temperatura los materiales refractarios comienzan a deteriorarse rápidamente, excepto en los equipos de incineración de residuos tóxicos peligrosos, que alcanzan temperaturas de hasta 3000 grados centígrados.

El tiempo de residencia de los gases en la cámara de combustión será de 2 segundos. La eficiencia de combustión será de 99.99%.

El equipo de incineración deberá constar básicamente en los siguientes sistemas:

- 1) Sistema de termodestrucción de residuos sólidos.
- 2) Sistema de suministro y quemado de combustible auxiliar, con suministro de aire primario integrado.
- 3) Sistema de suministro de aire secundario.
- 4) Cámaras de combustión.
- 5) Instrumentación y control.
- 6) Tuberías de interconexión y válvulas.
- 7) Sistema de recuperación de calor.
- 8) Sistema de tratamiento de gases de combustión.
- 9) Chimenea.

Los sistemas antes citados, se presentan en el DIAGRAMA 3, donde pueden identificarse, y que se mencionan en la hoja siguiente al citado diagrama.

Posteriormente, en los cuadros anexos, se describe con detalle a las partes componentes de los sistemas que conforman a los equipos de incineración; el orden descriptivo, está en función de la etapa de construcción del equipo.

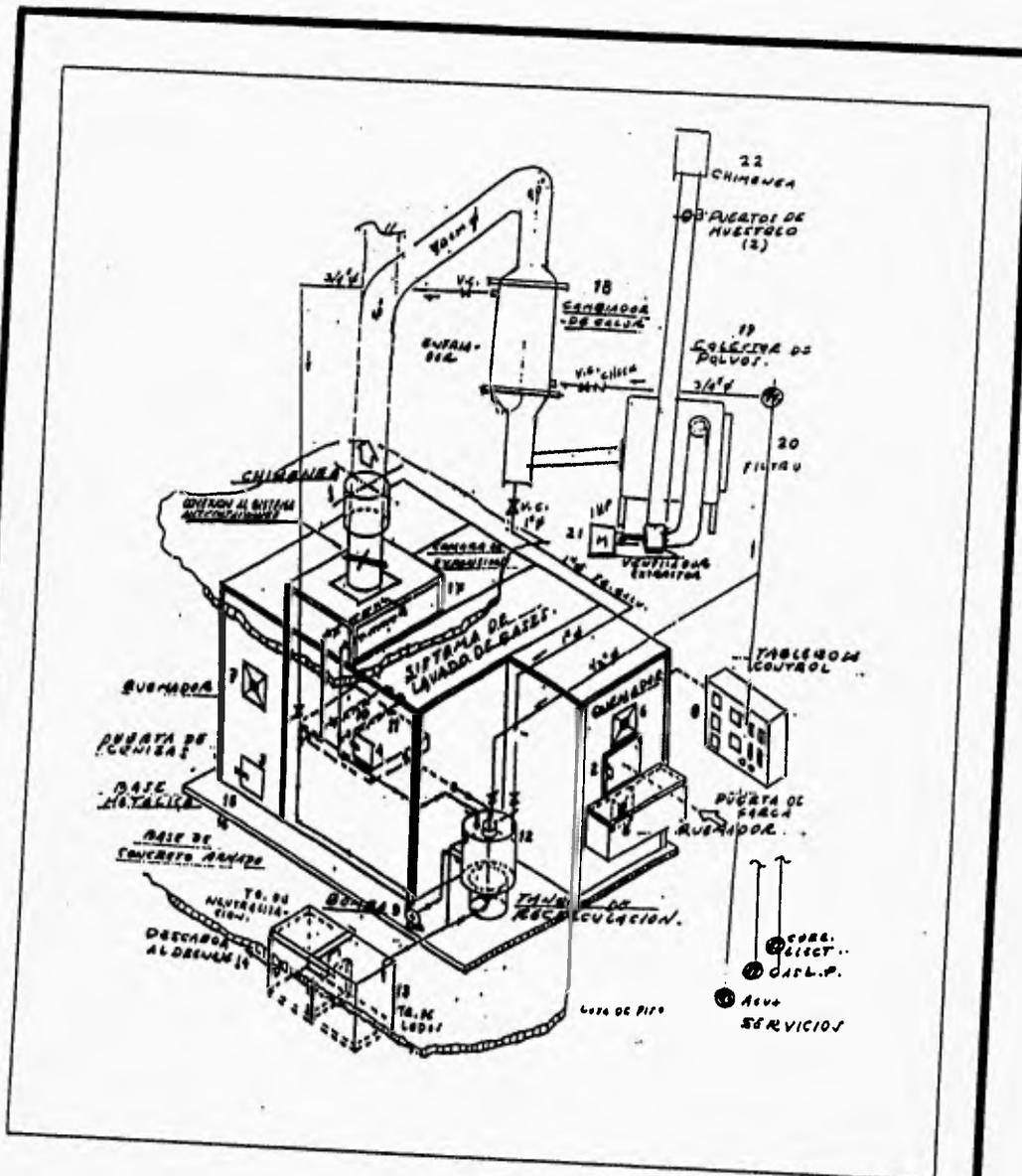


DIAGRAMA 3.

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN EQUIPO DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

**SISTEMAS Y PARTES QUE CONSTITUYEN UN EQUIPO DE INCINERACION:**

- 1) Chimenea principal provista con gorro, tapa para pre-operación y puertos de muestreo.
- 2) Puerta de carga de residuos.
- 3) Puerta lateral de extracción cenizas, y de limpieza.
- 4) Puerta de inspección del sistema de lavado y enfriamiento de los gases de combustión.
- 5), 6) y 7) Quemadores de combustible secundario, provistos con ventilador y sistema eléctrico de ignición.
- 8) Tablero de control, con instrumentos.
- 9) Bomba de recirculación de agua para lavado de gases.
- 10) Sistema de precipitación hidráulica de los gases de combustión.
- 11) Tina de lavado de los gases de combustión.
- 12) Tanque de recirculación de agua para lavado, y separación de lodos.
- 13) Tanque sedimentador de lodos, y derrame de aguas residuales.
- 14) Tanque de neutralización de las aguas residuales.
- 15) Base metálica del incinerador.
- 16) Base de concreto armado.
- 17) Cámara de expansión de los gases; provista con sistema de lavado de gases (opcional).
- 18) Cambiador de calor, para enfriamiento de los gases.
- 19) Sistema colector de polvos ó partículas.
- 20) Elemento filtrante, contenido dentro del colector de polvos ó partículas.
- 21) Ventilador extractor de los gases provenientes del colector de polvos o partículas, con motor integrado.
- 22) Chimenea a la salida del extractor del colector de polvos o partículas, provista con gorro y puertos de muestreo.

**PARTES COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE INCINERACION**  
**EL ORDEN DE LOS COMPONENTES, ESTA PUESTO EN FUNCION DEL ORDEN EN LA CONSTRUCCION DE LOS EQUIPOS DE INCINERACION.**

<b>COMPONENTES DE UN EQUIPO DE INCINERACION.</b>	<b>PARTES QUE LO CONFORMAN</b>	<b>FUNCION PRINCIPAL</b>	<b>CODIGOS INTERNACIONALES QUE APLICAN</b>
<b>BASE METALICA</b>	<b>PLACAS METALICAS DE ACERO AL CARBON, DE 1/4 PULG. ESPESOR, MONTADAS SOBRE CANAL ESTRUCTURAL</b>	<b>SOPORTAR A TODOS LOS MATERIALES DEL CUERPO DEL INCINERADOR, (CAMARAS DE COMBUSTION Y ACCESORIOS DEL EQUIPO)</b>	<b>ASTM-A285-A</b>
<b>PERFILES ESTRUCTURALES</b>	<b>CANAL, ANGULO Y SOLERA ESTRUCTURALES, DE ACERO AL CARBON.</b>	<b>ARMADO DE BASE METALICA, REFUERZOS EN CUBIERTA ENVOLVENTE Y MARCOS DE PUERTAS.</b>	<b>AISC, CORRESPONDIENTE.</b>
<b>CUBIERTA ENVOLVENTE</b>	<b>LAMINA NEGRA DE FIERRO COMERCIAL CAL. 12.</b>	<b>PAREDES EXTERIORES DE LOS EQUIPOS DE INCINERACION.</b>	<b>ASTM-A285-A</b>
<b>TORNILLERIA</b>	<b>TORNILLOS Y TUERCAS DE ROSCA ESTANDAR DE 3/8" GROSOR.</b>	<b>UNION DE LAS LAMINAS DE CUBIERTAS ENVOLVENTES Y SUJECION DE QUEMADORES.</b>	<b>ASTM-A-201 ASTM-A-354</b>
<b>PAREDES INTERIORES DE TABIQUES REFRACTARIOS.</b>	<b>TABIQUE REFRACTARIO DE 38% DE ALUMINA Y 55% DE SILICE.</b>	<b>FORMAR LOS HOGARES DE COMBUSTION Y RECIBIR LOS RESIDUOS PARA TERMODESTRUIRLOS Y GUARDAR CALOR EN LAS CAMARAS DE COMBUSTION.</b>	<b>ASTM-C-10, 20, 24, 57, 113, 12133</b>

79

**ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA**

<b>COMPONENTES DE UN EQUIPO DE INCINERACION</b>	<b>PARTES QUE LO CONFORMAN</b>	<b>FUNCION PRINCIPAL</b>	<b>CODIGOS INTERNACIONALES QUE APLICAN</b>
<b>MORTERO REFRACTARIO</b>	<b>MORTERO DE FRAGUADO AL AIRE, DE 39% DE ALUMINA Y 52% DE SILICE.</b>	<b>UNIR A LOS TABIQUES REFRACTARIOS.</b>	<b>ASTM-C-199</b>
<b>JUNTAS DE DILATACION</b>	<b>JUNTAS DE MATERIAL AISLANTE DE 5/8" DE ESPESOR, ADHERIDAS ENTRE LAS HILERAS Y LAS COLUMNAS DE TABIQUES REFRACTARIOS.</b>	<b>EVITAR CHOQUE TERMICO Y DEFORMACION DE LOS MUROS DE TABIQUES REFRACTARIOS.</b>	<b>ASTM-C-83</b>
<b>FONDO DEL HOGAR, TECHOS, MESAS DE TERMODESTRUCCION, INTERIORES DE PUERTAS</b>	<b>CONCRETO REFRACTARIO DE SECADO RAPIDO, COMPUESTO DE 60% DE ALUMINA Y 30% DE SILICE.</b>	<b>AFIANZAR LOS MUROS DE TABIQUES REFRACTARIOS, CUBRIR LAS CAMARAS DE COMBUSTION, RECIBIR LOS RESIDUOS PARA DESTRUIRLOS Y DEPOSITAR LAS CENIZAS, PROTEGER LAS PUERTAS DEL EQUIPO.</b>	<b>ASTM-C-113 ASTM-C-133</b>
<b>AISLAMIENTO</b>	<b>FIBRAS CERAMICAS DE 1" DE ESPESOR Y 8 lb/r<sup>2</sup> DE DENSIDAD, COLOCADA ENTRE LA CARA EXTERIOR DE LAS PAREDES DE TABIQUE REFRACTARIO Y LA CARA INTERIOR DEL ENVOLVENTE METALICO.</b>	<b>EVITAR EL SOBRECALENTAMIENTO DEL ENVOLVENTE METALICO, Y LAS PERDIDAS DE CALOR.</b>	<b>ASTM-C-83</b>

<b>COMPONENTES DE UN EQUIPO DE INCINERACION</b>	<b>PARTES QUE LO CONFORMAN</b>	<b>FUNCION PRINCIPAL</b>	<b>CODIGOS INTERNACIONALES QUE APLICAN</b>
TECHOS DE HORNOS CREMATORIOS.	CONSTRUIDOS DE TABIQUE REFRACTARIO TIPO DOVELA DE CANTO, COMPUESTO DE 36% DE ALUMINA Y 55% DE SILICE.	AFIANZAR LAS PAREDES DE TABIQUES REFRACTARIOS, Y PERMITIR LA LIBRE CIRCULACION DE LOS GASES DE COMBUSTION.	ASTM-C-16, 20, 24, 57, 113, 122, 133.
CAMARA DE EXPANSION DE GASES DE COMBUSTION.	CONSTRUIDA DE TABIQUE AISLANTE COMPUESTO DE 34% DE ALUMINA Y 49% DE SILICE, RECUBIERTA CON FIBRA CERAMICA, Y SELLADA CON LAMINA NEGRA DE FIERRO.	EXPANDER LOS GASES ANTES DE SU SALIDA A LA CHIMENEA PARA ENFRIARLOS, Y EVITAR CONGESTIONAMIENTO DE GASES DENTRO DEL EQUIPO.	ASTM-C-93, 134, 182, 210.
PUERTAS DE CARGA, EXTRACCION DE CENIZAS, E INSPECCION.	PUERTA DE CARGA TIPO GUILLOTINA CON POLEAS, PUERTAS DE EXTRACCION E INSPECCION ABIZAGRADAS, FABRICADAS EN LAMINA NEGRA DE FIERRO CAL. 12	PERMITIR LA CARGA DE MATERIALES A DESTRUIR, EXTRAER LAS CENIZAS DE COMBUSTION, E INSPECCIONAR EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LAVADO DE GASES.	ASTM-A285A
CHIMENEA	TUBULAR DE ACERO INOXIDABLE, CAL. 16, CON GORRO EN EL EXTREMO SUPERIOR Y PROVISTA DE PUERTOS DE MUESTREO DE FIERRO GALVANIZADO, Y TAPA.	PERMITIR LA SALIDA DE LOS GASES DE COMBUSTION.	AISI-304

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE INCINERACION	PARTES QUE LO CONFORMAN	FUNCION PRINCIPAL	CODIGOS INTERNACIONALES QUE APLICAN
SISTEMA DE LAVADO DE GASES DE COMBUSTION.	UNA TINA INTERIOR DE ACERO INOXIDABLE CAL 12 RECUBIERTA DE CONCRETO REFRACTARIO. UN TANQUE EXTERIOR DE ACERO INOXIDABLE CALIBRE 16, PROVISTO CON SEPARADORES INTERIORES. UNA BOMBA CENTRIFUGA CON IMPULSOR Y CARCAZA DE ACERO INOXIDABLE. TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE PARA LAVAR LOS GASES DENTRO DEL EQUIPO, PROVISTA DE CONEXIONES Y VALVULAS DE ACERO INOXIDABLE.	LAVAR LOS GASES DE COMBUSTION ANTES DE SU SALIDA POR LA CHIMENEA.	AISI-304 (LAMINA) ASTM A-312/ASME-SA-312 (TUBERIA) ASTM A-105 (VALVULAS Y CONEXIONES) AISI-316 (BOMBA)
INSTALACION HIDRAULICA.	TUBERIAS, CONEXIONES Y VALVULAS DE FIERRO GALVANIZADO PARA EL SUMINISTRO DE AGUA.	SUMINISTRAR EL AGUA DE LAVADO DE GASES, ASI COMO PERMITIR LA DESCARGA DE LAS AGUAS SUCIAS AL DRENAJE.	ASTM-A63, GA21
INSTALACION DE GAS COMBUSTIBLE.	TUBERIA DE COBRE TIPO "L", CON CONEXIONES, VALVULAS MANUALES Y REGULADORES DE PRESION.	SUMINISTRAR EL GAS COMBUSTIBLE A LOS QUEMADORES.	ASTM-B-81

<b>COMPONENTES DE UN EQUIPO DE INCINERACION</b>	<b>PARTES QUE LO CONFORMAN</b>	<b>FUNCION PRINCIPAL</b>	<b>CODIGOS INTERNACIONALES QUE APLICAN</b>
<b>SOLDADURA DE LAS PIEZAS DE FIERRO O ACERO AL CARBON. (MATERIAL)</b>	<b>SOLDADURA DE ARCO CON UNIONES TIPO CORDON.</b>	<b>UNIR LAS PIEZAS DE FIERRO Y ACERO AL CARBON.</b>	<b>AWS-13-VD, No. E-6013, AWS-10-S, No. E-6010.</b>
<b>SOLDADURA DE LAS PIEZAS DE ACERO INOXIDABLE. (MATERIAL)</b>	<b>SOLDADURA DE ARCO CON UNIONES TIPO CORDON.</b>	<b>UNIR LAS PIEZAS DE ACERO INOXIDABLE, PRINCIPALMENTE DEL SISTEMA DE LAVADO DE GASES, Y DE LA CHIMENEA.</b>	<b>AWS-ARC WELD TIPO I Y II, AWS-E-308-316, AWS-E-308L-16.</b>
<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GASES DE COMBUSTION.</b>	<b>CAMBIADOR DE CALOR DE CORAZA DE PLACA DE FIERRO NEGRO Y HAZ DE TUBOS DE ACERO DE 1" DIAMETRO.</b>	<b>ENFRIAR LOS GASES DE COMBUSTION ANTES DE PASAR AL SISTEMA DE FILTRADO, Y RECUPERAR CALOR PARA SUMINISTRAR AGUA CALIENTE, PARA SERVICIOS.</b>	<b>ASTM-A285A.</b>
<b>SISTEMA DE FILTRADO DE GASES.</b>	<b>SISTEMA DE FILTROS-BOLSAS, CONTENIDOS DENTRO DE UN GABINETE DE LAMINA NEGRA DE FIERRO CAL. 12, ELABORADOS DE TELA "NOMEX", PARA TEMPERATURAS DE 300 °C, CAPAZ DE FILTRAR PARTICULAS DE UN MICRON.</b>	<b>FILTRAR LOS GASES DE COMBUSTION ANTES DE SU DESCARGA A LA ATMOSFERA.</b>	<b>UL</b>

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE INCINERACION	PARTES QUE LO CONFORMAN	FUNCION PRINCIPAL	CODIGOS INTERNACIONALES QUE APLICAN
<p><b>TABlero DE CONTROL.</b></p>	<p><b>CONSTRUIDO EN LAMINA NEGRA DE FIERRO CAL. 12, CONTENIENDO LOS SIGUIENTES INSTRUMENTOS:</b></p> <p><b>PIROMETROS DIGITALES</b></p> <p><b>CONTROLADORES DE TEMPERATURA</b></p> <p><b>CONTROLADORES DE FLAMA DE QUEMADORES</b></p> <p><b>REGISTRADOR MULTIPLE DE TEMPERATURA</b></p> <p><b>ARRANCADORES MANUALES CON ELEMENTO TERMICO</b></p> <p><b>TABlero ARRANCADOR PARA CORRIENTE ELECTRICA TRIFASICA</b></p> <p><b>TERMOPARES DE INCONEL (78% Ni, 15% Cr Y 7% Fe).</b></p>	<p><b>CONTROLAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS QUEMADORES Y LOS SISTEMAS ANTICONTAMINANTES.</b></p>	<p><b>ANSI/ISA, S5-1-1984.</b></p>

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE INCINERACION	PARTES QUE LO CONFORMAN	FUNCION PRINCIPAL	CODIGOS INTERNACIONALES QUE APLICAN
QUEMADORES.	QUEMADORES TIPO CAÑON, EQUIPADOS CON TREN DE VALVULAS MANUALES Y AUTOMATICAS O SOLENOIDES, MANOMETRO, TRANSFORMADOR (120-6000 V), ELECTRODO DE IGNICION, FOTOCELDA DETECTORA DE FLAMA Y VENTILADOR INTEGRADO.	REALIZAR LA TERMOESTRUCION DE LOS RESIDUOS DENTRO DE LAS CAMARAS DE COMBUSTION. DESARROLLAR TEMPERATURAS SUPERIORES A LOS 800°C.	FM, IRI, NFPA, UL.
MOTORES (EQUIPOS)	<p>MOTOR DE VENTILADOR DE QUEMADOR, DE 1/3 HP. 120 V, 3600 rpm.</p> <p>MOTOR DE BOMBA CENTRIFUGA 1/2 HP. 120 V.</p> <p>MOTOR DE SOPLADOR DE AIRE A CAMARA PRIMARIA, 1/2 HP. 120 V.</p> <p>MOTOR DE EXTRACTOR DE GASES A TRAVES DEL SISTEMA DE FILTRADO, 3/4 HP. 220 V. 3700 rpm.</p>	<p>PROPORCIONAR AIRE PARA ENRIQUECER LA FLAMA DEL QUEMADOR, CON OXIGENO, E IMPULSARLA.</p> <p>PROPORCIONAR LA ENERGIA, PARA IMPULSAR EL AGUA DE LAVADO DE GASES.</p> <p>PROPORCIONAR AIRE AL INTERIOR DE LA CAMARA DE COMBUSTION.</p> <p>EXTRAER LOS GASES DE COMBUSTION A TRAVES DEL SISTEMA DE FILTROS-BOLSAS.</p>	NEMA I Y II

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE INCINERACION	PARTES QUE LO CONFORMAN	FUNCION PRINCIPAL	CODIGOS INTERNACIONALES QUE APLICAN
CABLEADO ELECTRICO.(MATERIAL)	CABLES DE COBRE CALIBRE 12 Y 14 PARA FUERZA Y CONTROL RESPECTIVAMENTE, DISPUESTOS EN TUBERIA DE CONDUIT COMERCIAL DE 1/2" Y 3/4" DIAMETRO, Y DISTRIBUIDOS CON CONDULETES COMERCIALES.	SUMINISTRAR LA CORRIENTE ELECTRICA A LOS MOTORES, RECIBIR Y ENVIAR SEÑALES DE CONTROL.	NEMA "1" Y "11".
PROTECCION ANTICORROSIVA Y PINTURA. (MATERIAL)	<p>PRIMER ANTICORROSIVO AUTOMOTIVO, DE PIROXILINA, COLOR GRIS.</p> <p>PINTURA DE ESMALTE INDUSTRIAL COLOR PLATA AMARTILLADO, O PINTURA COLOR ALUMINIO PARA ALTAS TEMPERATURAS.</p> <p>ESMALTES ALKIDALICOS DE COLORES PARA TUBERIAS DE SERVICIOS.</p>	PROTECCION DEL EQUIPO DE INCINERACION CONTRA LOS EFECTOS DE LA CORROSION, DARLE UN ACABADO BRILLANTE, E IDENTIFICAR A LAS TUBERIAS DE SERVICIOS, SEGUN EL CODIGO INTERNACIONAL DE COLORES.	ASTM.

Previo a la elaboración de la Ingeniería de Detalle de la Planta, se elaborará una preingeniería completa, apoyada en la asesoría de empresas especializadas en consultoría, las cuales realizarán, de forma más completa y avanzada, los estudios de factibilidad económica, de localización de la planta, de impacto ambiental y de ingeniería básica. Posteriormente, se presentará la Ingeniería Básica a una empresa encargada de desarrollar la Ingeniería de Detalle, y la Construcción de la Planta.

#### 1. INGENIERIA DE DETALLE DEL PROYECTO.

Complementación de la preingeniería y de la Ingeniería Básica, hasta la obtención de una ingeniería de detalle que permita la construcción e instalación de los equipos de la planta.

#### 2. REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS DE LA PLANTA.

##### 2.1 Equipos de incineración.

2.1.1 Incineración de Residuos Sólidos Orgánicos. (5 piezas)

2.1.2 Incineración de Residuos Sólidos Hospitalarios. (6 piezas)

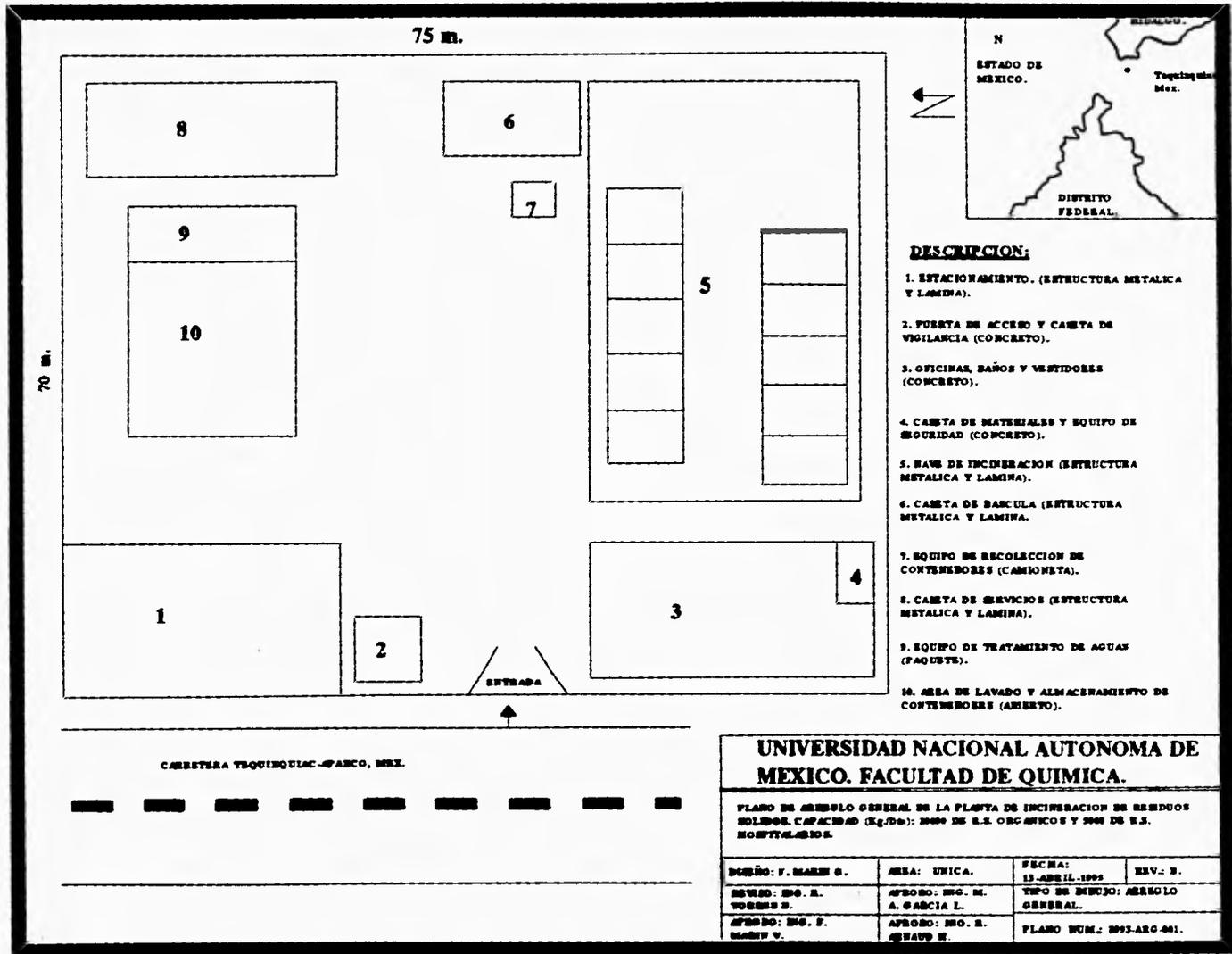
Estos equipos contarán con mesas de alimentación y con sistemas de lavado y enfriamiento de gases/humos, sistemas de separación de lodos y neutralización de agua, sistema colector de polvos y chimeneas de descarga con puertos de muestreo para las mediciones isocinéticas de los gases. Contarán con quemadores tipo cañón de gas y tablero de control para la operación de cada incinerador con registrador múltiple de temperatura y medición de eficiencia de combustión (O<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), con equipo semiportátil tipo Orsat, así como opacímetro en la descarga de los gases de combustión a la atmósfera.

2.2 Equipos de Manejo de los Residuos Sólidos.

- 2.2.1 Montacargas de gasolina para tolvas receptoras y de carga. (1 pieza)
- 2.2.2 Tolvas receptoras y de carga. (15 piezas)
- 2.2.3 Báscula para pesaje de tolvas, recipientes y contenedores. (2 piezas)
- 2.2.4 Recipientes y Contenedores herméticos. (50 piezas)
- 2.2.5 Camión recolector de R.S. Orgánicos. (2 piezas)
- 2.2.6 Camioneta refrigerada para recolección de R.S. hospitalarios. (1 pieza)
- 2.2.7 Bolsas de recolección de R.S. hospitalarios. (60 piezas/día)

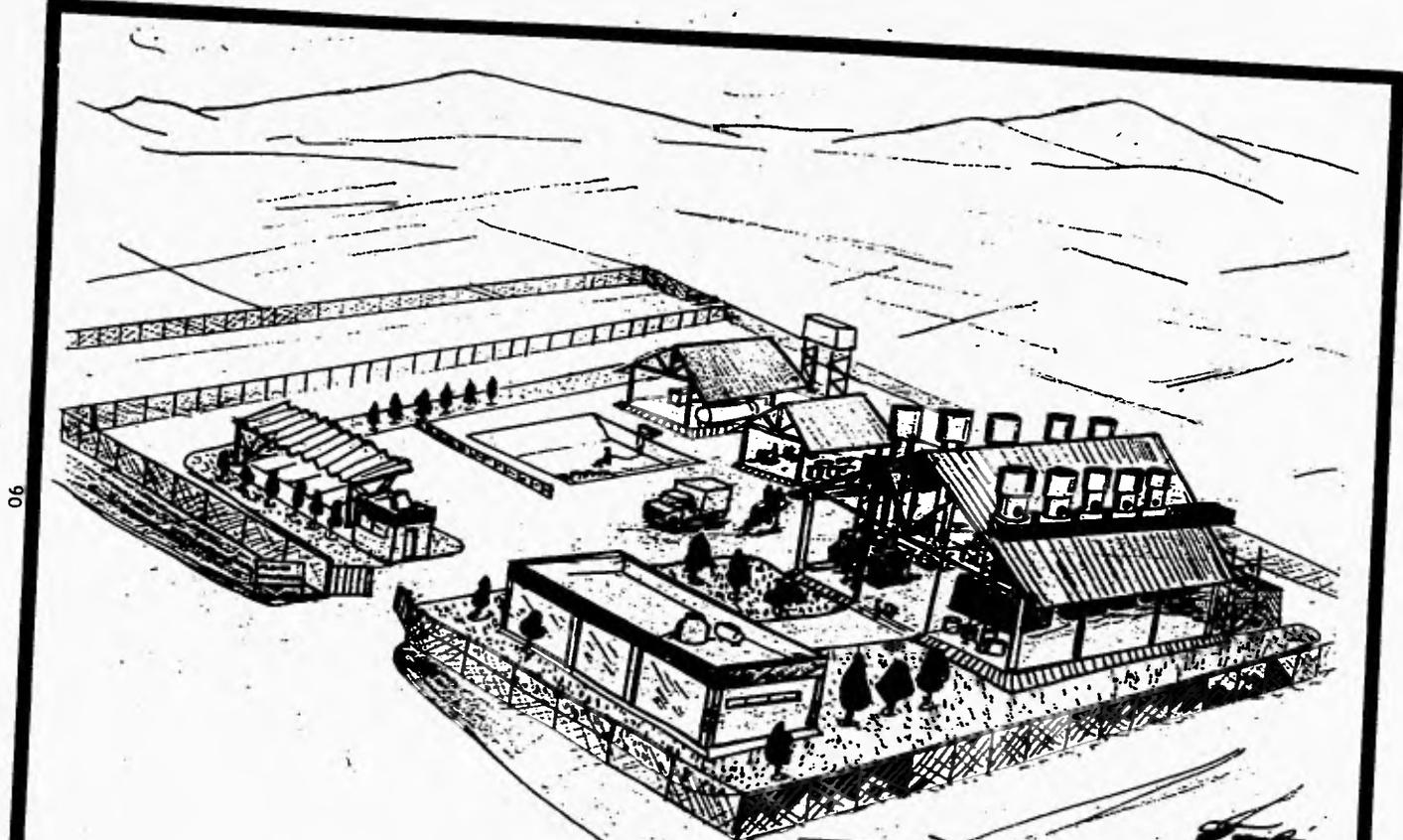
2.3 Equipos para servicios de la planta.

- 2.3.1 Equipo paquete de tratamiento de aguas de lavado de contenedores y tolvas. (1 pieza)
- 2.3.2 Equipos y materiales de vigilancia, seguridad y protección al personal. (1 lote)
- 2.3.3 Equipo de lavado a presión para contenedores y tolvas. (1 pieza)
- 2.3.4 Tarimas para manejo de contenedores en la planta. (10 piezas/mes)
- 2.3.5 Tambores metálicos de sellado hermético, para depósito de cenizas. (50 piezas/mes).



- DESCRIPCION:**
1. ESTACIONAMIENTO. (ESTRUCTURA METALICA Y LAMINA).
  2. PUERTA DE ACCESO Y CAMEA DE VIGILANCIA (CONCRETO).
  3. OFICINAS, BAÑOS Y VESTIDORES (CONCRETO).
  4. CAMEA DE MATERIALES Y EQUIPO DE SEGURIDAD (CONCRETO).
  5. HALL DE INCINERACION (ESTRUCTURA METALICA Y LAMINA).
  6. CAMEA DE BANCALA (ESTRUCTURA METALICA Y LAMINA).
  7. EQUIPO DE RECOLECCION DE CONTENEDORES (CAMIONETA).
  8. CAMEA DE SERVICIOS (ESTRUCTURA METALICA Y LAMINA).
  9. EQUIPO DE TRATAMIENTO DE AGUAS (PAQUETE).
  10. AREA DE LAVADO Y ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES (ARRETO).

06



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. FACULTAD DE QUIMICA.**

PLANO DE PERSPECTIVA ARQUITECTONICA DE LA PLANTA DE INCINERACION DE RESIDUOS SOLIDOS. CAPACIDAD (Eq/24h): 2000 DE R.S. ORGANICOS Y 5000 DE R.S. HOSPITALARIOS.

DISEÑO: F. MARRIN S.	AREA: UNICA.	FECHA: 15-ABRIL-1995	REV.: 0.
REVISO: ING. E. TORRES E.	APROBO: ING. M. A. GARCIA L.	TIPO DE DISEÑO: ARQUITECTONICO.	
APROBO: ING. F. MARRIN S.	APROBO: ING. E. TORRES E.	PLANO NUM.: 895-ARQ-001.	

3. CONSTRUCCION, INSTALACION Y MONTAJE DE LA PLANTA.

3.1 Adquisición y Acondicionamiento del Terreno.

- 3.1.1 Compra de terreno. (1 Ha.)
- 3.1.2 Limpieza, despalme, nivelación, relleno y/o excavación. (0.525 Has.)
- 3.1.3 Instalación de cerca perimetral. (470 m. lineales)

3.2 Pavimentos, Drenajes, Guarniciones. (0.5 Ha.)

3.3 Caminos y Accesos. (200 m.)

3.4 Cimentaciones y Bases de Equipos. (incineradores)

3.5 Estructuras Metálicas y de Lámina. (con montaje)

- 3.5.1 Estacionamiento. (20 X 4 m.)
- 3.5.2 Nave de incineración. (30 X 50 m.)
- 3.5.3 Caseta de báscula. (12 X 12 m.)
- 3.5.4 Caseta de servicios. (12 X 20 m.)

3.6 Edificaciones y Estructuras de Concreto ( con acabados ).

- 3.6.1 Caseta de vigilancia. (2.5 X 5 m.)
- 3.6.2 Oficinas, almacén, baños y vestidores. (15 x 30 m.)
- 3.6.3 Estructura, soporte y tanque de agua. (h total = 14 m.); (Cap.= 64,000 L.)

3.7 Instalaciones Hidráulica, Sanitaria, Gas y Corriente Eléctrica.

3.7.1 Instalación hidráulica (tubería 2" Diam., Fe negro, ramales de 1" Diam., y de 1/2" Diam., válvulas y conexiones). (1 lote)

3.7.2 Instalación sanitaria ( drenaje pluvial, drenaje sanitario, drenaje de incineradores y drenaje de Área de lavado ). (1 lote)

3.7.3 Instalaciones para gas ( tanque de almacenamiento de 30,000 Kg de capacidad, tubería de 2" Diam., ramales de 1" Diam., y de 1/2" Diam., válvulas y conexiones ). (1 lote)

3.7.4 Instalaciones eléctricas (transformador, tablas de distribución, tubería conduit, cables, alambres, lámparas, contactos, arrancadores, etc.). (1 lote).

3.8 Montaje de Equipos de Incineración. Pruebas y Arranque. (Esta parte debe incluirse dentro del costo de suministro de los equipos ).

En los Planos 2 y 3, respectivamente, se muestran el Arreglo General de las Instalaciones, y la Perspectiva Arquitectónica de la Planta.

V.4) CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA.

El cronograma de actividades de la planta de incineración, que incluye las etapas de construcción, preoperación y puesta en marcha, se presenta en la Tabla V.4.A.

En dicha tabla, podemos apreciar que una vez concluidos los trabajos de construcción y equipamiento, la planta requiere de una serie de servicios y materiales necesarios para llevar a cabo su puesta en marcha y operación definitiva.

Así mismo, es necesario designar al personal que habrá de operar dicha planta, así como al personal que administrará su funcionamiento.

TABLA V.4.A. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE INCNERACION.

ACTIVIDAD	1er. MES	2o. MES	3er. MES	4o. MES	5o. MES	6o. MES	7o. MES	8o. MES	9o. MES	10o. MES	11o. MES	12o. MES	13o. MES	14o. MES	15o. MES
<b>1. REQUERIMIENTOS DE INGENIERIA DE DETALLE DEL PROYECTO.</b>															
1.1 Trámites y Gestión Ambiental.	█	█													
1.2 Complementación de la Preingeniería y de la Ingeniería Básica.		█	█												
<b>2. ADQUISICIONES DE EQUIPOS PARA LA PLANTA.</b>															
2.1 Equipos de Incineración.				█	█	█	█	█	█						
2.2 Equipos de Manejo y Recolección de Residuos Sólidos.						█	█	█	█						
2.3 Equipos Para Servicios de la Planta.							█	█	█						
<b>3. CONSTRUCCION, INSTALACION Y MONTAJE DE LA PLANTA.</b>															
3.1 Adquisición y Acondicionamiento del Terreno.			█	█	█	█									
3.2 Pavimentos, Drenajes y Guarniciones.			█	█	█	█	█								
3.3 Caminos y Accesos.					█	█	█	█							
3.4 Cimentaciones y Bases de Equipos							█	█	█						
3.5 Estructuras Metálicas y de Lámina									█	█	█	█			
3.6 Edificaciones y Estructuras de Concreto.									█	█	█	█			
3.7 Instalaciones Hidráulica, Sanitaria, Gas y Corriente Eléctrica.										█	█	█			
3.8 Montaje de Equipos de Incineración, Pruebas y Arranque.											█	█	█		
<b>4. PUESTA EN MARCHA Y OPERACION DE LA PLANTA.</b>															
4.1 Contratación de Personal para Mano de Obra, y para Supervisión de Operación de la Planta.										█	█	█			
4.2 Puesta en Marcha de los Equipos de Incineración.												█	█		
4.3 Puesta en Marcha de los Equipos de Recolección de Residuos.												█	█		
4.4 Adquisición de Equipos de Reparaciones y Mantenimiento													█	█	
4.5 Adquisición de Materiales y Equipos de Seguridad y Servicio Médico.													█	█	
4.6 Contratación del Personal Administrativo de la Planta.													█	█	
4.7 Reportes de Operación Ambiental de la Planta, ante las Autoridades.														█	█

**VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## CAPITULO VI.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### VI.1) CONCLUSIONES:

Para este trabajo de tesis profesional, resulta muy importante llegar a conclusiones técnicas y ambientales, que pudieran servir a personas o instituciones interesadas en resolver un problema de grandes significados sociales, como lo es el de los residuos sólidos en nuestra Ciudad de México, Distrito Federal, y su Zona conurbada con en el Estado de México.

Las principales conclusiones son las siguientes:

VI.1.1 El Proceso de incineración de Residuos Sólidos, queda definido en forma completa, como un proceso controlado de Termodestrucción, mediante la cual se reducen el peso y el volumen de los residuos, por la acción directa del fuego. El concepto teórico de la incineración establece una reacción química entre el combustible o sea la basura que libera energía térmica al quemarse; y el comburente, el oxígeno que favorece la combustión.

Es una técnica confiable para la eliminación de residuos sólidos contaminantes del suelo, así como de los residuos hospitalarios biológico-infecciosos, hecho por el cual, los utensilios y materiales hospitalarios, se fabrican de forma tal que al final de su vida útil, sean termodestructibles.

VI.1.2 La incineración de residuos sólidos es una práctica muy antigua, motivo por el cual se le han hecho numerosas innovaciones con el paso de los años, hasta convertirla en una tecnología ambientalmente sana y accesible.

VI.1.3 Aunque el principio térmico de destrucción de residuos es el mismo, existen varios tipos de incineración, dependiendo de las condiciones externas en las cuales se desarrolle el proceso.

Un proceso especial de incineración, es la cremación. Este proceso consiste en convertir a cenizas los residuos sólidos orgánicos con altos contenidos de humedad, como son los desechos patológicos, así como cadáveres humanos y restos de animales.

VI.1.4 El diseño técnico de un equipo de incineración está dado en función de los requerimientos de los generadores de residuos sólidos, o usuario final.

VI.1.5 Una planta de incineración de residuos sólidos, es una instalación centralizada, que cuenta con sistemas de recolección bien organizados, equipos de incineración de gran capacidad, así como la más avanzada tecnología para el control de emisiones y de efluentes; y que permite la disposición final de los residuos sólidos de los usuarios que soliciten sus servicios.

VI.1.6 En los países desarrollados, se utilizan plantas incineradoras de residuos sólidos, con el propósito de auxiliar a los servicios públicos de recolección de residuos, eliminar a los residuos que no se degradan rápidamente, así como recuperar energía térmica para generar electricidad a partir de la combustión de los residuos.

La experiencia que éstos países han adquirido, es muy amplia, y por eso, perfeccionan día con día, las tecnologías de sus incineradores y de sus plantas de incineración.

VI.1.7 En México, la incineración de residuos sólidos, se conoce desde hace mucho tiempo, y es el método tradicional más confiable para disponer de ellos, principalmente los provenientes de hospitales o instituciones médicas. Sin embargo, las plantas de incineración a terceros, en nuestro país, se encuentran en su etapa de proyectos o como plantas de pruebas y de bajas capacidades; aunque existen o existieron plantas de incineración para dar servicio a un solo usuario en particular, así como empresas que dentro de sus instalaciones poseen un equipo de incineración grande, y prestan servicio a empresas cercanas a las mismas.

VI.1.8 En nuestro país, la zona geográfica de mayor generación de residuos sólidos, es la que comprende al Distrito Federal y su zona conurbada con el Estado de México. La rapidez de generación de residuos por habitante en dicha zona geográfica, tiende a aumentar, esto debido a múltiples factores, tales como: aparición de empaques y mercancías desechables o poco degradables, aumento en la demanda de servicios médicos, cambios en la conducta adquisitiva de los consumidores, etc.

- VI.1.9** Los residuos son objetos que han perdido su utilidad, y carecen de valor como para conservarlos. A su vez, los residuos sólidos están identificados, por sus características y propiedades, en una Clasificación General de los Residuos Sólidos, la cual fué elaborada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, en colaboración con empresas mundiales expertas en el manejo y tratamiento de los residuos sólidos.
- VI.1.10** La Legislación Nacional Ambiental, prevé la incineración, como un método auxiliar para la eliminación de residuos sólidos, especialmente los que se generan en los hospitales (biomédicos), rastros, granjas, etc., y que por su naturaleza representan un riesgo biológico-infeccioso a la salud humana.
- VI.1.11** La instalación de una planta de incineración de residuos sólidos orgánicos y hospitalarios, en el Estado de México, auxiliará a empresas y hospitales que requieran del servicio, y carezcan de incineradores propios, en el Distrito Federal y el Estado de México.
- VI.1.12** Durante la construcción de la planta, las actividades deberán permitir una flexibilidad en la operación de la misma y en la expansión de sus instalaciones, utilizando para ello equipamiento modular.

**VI.2) RECOMENDACIONES:**

Las Recomendaciones técnicas, ambientales y operacionales mas importantes, para una planta de incineración de residuos sólidos son las siguientes:

- VI.2.1 Procurar manejar la idea de creación e instalación de una planta de incineración de residuos sólidos, con la mas absoluta discreción, dado que existen muchos detractores de la incineración, que por proteger intereses propios, podrían causar problemas de tipo político o social.
- VI.2.2 Realizar un estudio completo de Manifestación de Impacto Ambiental y de Análisis de Riesgos antes de proceder a la inversión en el proyecto. Durante el proceso de adquisición del terreno, y de construcción de la planta, se tramitarán los permisos respectivos ante las Autoridades Federales y del Estado de México, en materia legal y ambiental.
- VI.2.3 Realizar un estudio completo de localización exacta del sitio de la planta, complementado con un estudio de mecánica de suelos. Se recomienda un terreno alejado y oculto de vias principales de comunicación, y de centros de población urbana.
- VI.2.4 Procurar hacer a la planta autosuficiente en sus servicios, y disminuir los costos de su operación. Entre otras cosas se puede recuperar calor con el fin de producir agua caliente, o bien producir vapor de agua para generar la electricidad que se use en la planta; esto significaría un gran ahorro energético y se evitarían desperdicios de grandes volúmenes de agua. También se puede utilizar el vapor para dar servicio a una Planta de Lavado de Ropa de Hospitales, la cual, puede ser instalada junto a la Planta de Incineración. Así mismo se deben actualizar y perfeccionar las instalaciones de la planta, de acuerdo como las autoridades y los tiempos lo exijan.

VII. BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO VII.

BIBLIOGRAFIA.

- (1).Anderson, J., Durston, B.H. y Poole, M. 1972, Redacción de Tesis y Trabajos Escolares. (1a. Ed.), Traducido por: Andrés Ma. Mateos, México: Diana.
- (2).Sánchez Gómez, J. 1993, Los Residuos Sólidos en el Mundo, La Incineración de los Residuos Sólidos Municipales -Antecedentes y Perspectivas-, Notas de la AMCRESPAC, I, Vol. 2. 2-5.
- (3).Metcalf-Eddy, Co. 1981, Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales.(2a. Ed.), Traducido por: Ing. Juan de Dios Trillo M. y Dr. Luis Virto, Barcelona: Editorial Labor.
- (4).Castillo Berthier, H.F. 1990, La Sociedad de la Basura: Caciquismo en la Ciudad de México.(2a. Ed.), México: Instituto de Investigaciones Sociales. Universidad Nacional Autónoma de México.
- (5).Syctom Paris. 1991, La planta de Saint-Ouen II. Interface. 37, 15.
- (6).Renard, G. 1991, Bayonne. Un caso ejemplar y único. Interface. 37, 9-11.
- (7).Deffis Caso, A. 1990, La Basura es la Solución. (1a. Ed.), México: Editorial Concepto.
- (8).Flores Valenzuela, V.M. y Gutiérrez Rojas M. 1992, Alternativas de tratamiento de residuos biomédicos. Manejo eficiente de residuos sólidos. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A.C., VII Congreso Nacional. IX, 1.
- (9).Rosset, P. 1991, Desechos hospitalarios de riesgo. Interface. 37, 14-16.
- (10).Poder Ejecutivo Federal, 1995, Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000. México, Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

- (11).Solomons, T.W.G., 1992, Organic Chemistry (5a. Ed.), New York: John Wiley & Sons.
- (12).Erickson, M.D., 1992, Analytical Chemistry of PCB's. (1a. Ed.), Boca Raton, Florida, U.S.A.: Lewis Publishers-CRC Press.
- (13).Lamadrid Torres H.A. 1991, Planta Incineradora de Residuos Sólidos de Ciudad Universitaria, Tesis de Licenciatura, Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- (14).Desachy, C., 1991, La Politique d' elimination des déchets hospitaliers en France. Artículo Particular, Paris.
- (15).Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (Y Disposiciones Complementarias), 1994, Le-yes y Códigos de México. México: Editorial Porrúa.
- (16). Diario Oficial de la Federación;  
Normas Oficiales en Materia de Protección Ambiental. (Tercera Sección), Pags. 2 - 96, México, D.F., 22 de Octubre de 1993.
- (17). Diario Oficial de la Federación;  
Pags. 9 - 23, México, D.F., 19 de Agosto de 1994.
- (18). Diario Oficial de la Federación;  
(Primera Sección), Pags. 5 - 9, México, D.F. 29 de Noviembre de 1994.
- (19). Diario Oficial de la Federación;  
Pags. 2 - 16, México, D.F., 20 de Septiembre de 1995.
- (20). Diario Oficial de la Federación;  
Pags. 2-11, México, D.F., 23 de Octubre de 1995.
- (21). Diario Oficial de la Federación;  
Pags. 48-82, México, D.F., 1 de Noviembre de 1995.

- (22). Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C. 1993, Bosquejo Histórico de los Residuos Sólidos de la Ciudad de México, (1a. Ed.), México: AMCRESPAC, Edición Especial.
- (23). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey 1994, Resumen Noticioso. Calidad Ambiental, 1, 22.
- (24). Incineradora de Residuos Sólidos, S.A. de C.V., 1994, Descripción General de los Residuos Sólidos, Catálogo General de Incineradores.
- (25). PROMEDICI, S.A. de C.V., 1991, Residuos Hospitalarios Infecciosos, Catálogo General de Incineradores.
- (26). Cremoux, R. y Dominguez Aragonés, E., 1992, La Ciudad de México en Cifras, México, Departamento del Distrito Federal.
- (27). Comisión de Ecología de la Cámara de Diputados, Boletín Interno, México, Junio de 1995.
- (28). Valiente Barderas, A., 1988, Problemas de Transferencia de Calor, (1a. Ed.), México: Limusa.
- (29). Instituto Nacional de Ecología de la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, 1994, Compendio de Normas Oficiales Mexicanas Ecológicas, México, SEMARNAP.
- (30). Cámara Nacional de Comercio de la Ciudad de México, 1995, Comercio, México, 415, 14, 15.
- (31). Colegio de Ingenieros Civiles de la Ciudad de México, 1995, Noti-Colegio, México, 264, 2.
- (32). Centro Francés de Prensa Industrial y Técnica. 1994, Artículos Particulares en Materia de Control de Residuos Sólidos, Embajada de Francia en México.
- (33). Gunkle, D. 1992, How to Choose Incineration Equipment, Pollution Engineering, 24, 46-47.