

25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



“MANEJO DE RESIDUOS BIOLOGICO-INFECCIOSOS EN LA UNAM CAMPUS CUAUTITLAN”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA

P R E S E N T A :

MARISELA GARCIA MARTINEZ

ASESORES: M.C. ELIZABETH TORIZ GARCIA
M.C. JAVIER SORIANO SAAVEDRA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1999

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

278192



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
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Manejo de Residuos Biológico Infeccioso en la U.N.A.M. Campus Cuautitlán

que presenta la pasante: Mariselà García Martínez
con número de cuenta: RC55078-3 para obtener el TITULO de:
Química Farmacéutica Bióloga

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 22 de Marzo de 1999

- PRESIDENTE M.V.Z. Gerardo Cruz Jiménez
- VOCAL Q.F.I. Andrea A. Becerril Osnaya
- SECRETARIO M.C. Elizabeth Toriz García
- PRIMER SUPLENTE Q.F.I. Leticia Zúñiga Ramírez
- SEGUNDO SUPLENTE QPB MA. Eugenia R. Posada Galarza

DEDICATORIAS:

Con toda mi alma y amor a mi madre Carmén, gracias al recuerdo de su amor y comprensión me dio fuerzas para lograr mi meta.

A mi compañero Marco Alejandro.

A mis hijos que son parte de mi ser y los amo: Jesús Alejandro y Marco Uriel

A todos mis hermanos: Ricardo, Noé, Guillermo, Sergio, Héctor, Braulio y Rocío.

AGRADECIMIENTOS:

Le doy gracias a Dios por darme la oportunidad de ver realizadas mis aspiraciones de estudiante.

A la Universidad Nacional Autónoma de México
F.E.S. Cuautitlán.

A la profesora Elizabeth, por haberme brindado su
confianza y apoyo

Gracias a mi tía Pilar, y a todas las personas que
directa o indirectamente me brindaron su ayuda.

A Guillermo por ser un buen hermano.

Al I.M.S.S.

INDICE	
RESUMEN	
LISTA DE ABREVIATURAS	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE CUADROS	
INDICE DE GRÁFICAS	
INTRODUCCIÓN	
OBJETIVOS	1
CONCEPTOS	2
CAPÍTULO I. LEGISLACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL.	4
1.1- Norma Oficial Mexicana 087-ECOL-1995	8
1.2. - Organización Mundial de la Salud (OMS)	12
1.2.1. - Clasificación de los Microorganismos	13
1.2.2. - Volumen de los Residuos Generados en Función de la Clasificación Anterior	14
1.3. - Pautas de la OMS para el Manejo, Transferencia, Transporte y Eliminación Final de los Microorganismos en los Laboratorios	14
1.4. - Recomendaciones del Grupo de Expertos de la Oficina Regional para Europa de la OMS sobre el Manejo de los Residuos Biomédicos	16
CAPÍTULO II. HOSPITALES, CLÍNICAS, LABORATORIOS CLÍNICOS Y LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN.	19
2.1. - Clasificación.	19
2.2. - Laboratorios de Análisis Clínicos en la República Mexicana	20
2.3. - Las Instituciones de Docencia e Investigación Biomédica como Fuentes de residuos Microbiológicos Peligrosos	21
2.4. - Clasificación de los Residuos Generados en Hospitales, Clínicas, Laboratorios Clínicos y Laboratorios de Investigación	23
2.5. - Inventario de Unidades Hospitalarias Privadas en México	24

CAPÍTULO III. A NIVEL INTERNACIONAL.	28
3.1. - Volumen de Residuos Peligrosos Generados en Hospitales Clínicas, Laboratorios Clínicos y Laboratorios de Investigación	28
3.2. - <i>Evaluación de la Contribución por Residuos Peligrosos Hospitalarios al Deterioro de la Calidad Ambiental</i>	30
3.3. - Recomendaciones de los Centers For Disease Control, CDC, (Centros para el Control de Enfermedades) de los Estados Unidos de América Respecto al Manejo de los Residuos Infecciosos	32
3.4. - Esquema de la Clasificación de las Recomendaciones	33
3.5. - Pautas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América para el Manejo y Tratamiento de los Residuos Infecciosos	35
3.6. - Métodos de Tratamiento de los Residuos Infecciosos	39
3.6.1. - Esterilización de Vapor	39
3.6.2. - Inactivación Térmica (calor seco)	40
3.6.3. - Esterilización Mediante Gas/Vapor	41
3.6.4. - Esterilización Mediante Irradiación	41
3.6.5. - Métodos de Tratamiento Recomendados para cada Categoría de Residuos	42
3.6.6. - Pautas para el Manejo y Tratamiento de Residuos Clínicos y Otros Residuos Similares en Australia	44
3.6.7. - Criterios Internacionales Sobre los Principios Básicos de Bioseguridad en el Laboratorio en relación a la Eliminación Final de los Residuos Microbiológicos.	45
 CAPÍTULO IV. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS HOSPITALARIOS Y LA TECNOLOGÍA PARA LA ESTERILIZACIÓN QUE DEBE ADOPTAR MÉXICO.	 47
4.1. - Especificaciones, Condiciones y Requisitos para llevar a cabo la Esterilización Mediante Vapor a Presión	48
4.2. - Consideraciones Especiales Sobre las Bolsas de Plástico	50
4.3. - Proposición de las Especificaciones, Condiciones, Procedimientos y Requisitos para el Manejo de Residuos Provenientes del Proceso de Esterilización	52
4.3.1. - Esterilización Mediante Calor Húmedo	52
4.3.2. - Esterilización Mediante Calor Seco	53
4.3.3. - Esterilizadores de Desplazamiento Descendente (Gravedad)	54
4.3.4. - Esterilizadores de Vapor al Alto Vacío	55
4.3.5. - Esterilización Mediante Radiaciones Ultravioletas	58

4.3.6. - Esterilización Mediante Radiaciones Ionizantes	59
4.3.7. - Esterilización Mediante Gases	59
4.3.8. -Formaldehído	60
4.3.9. - Beta-Propiolactono	61
4.3.10. - Esterilización Mediante Microondas	61
4.4. - Costo-Beneficio en la Aplicación de la Norma Oficial Mexicana: Estimación de los Costos Sociales, Costos Directos e Indirectos	61
4.5. - Estimación de los Beneficios Derivados de la Reducción de Contaminantes y la Consiguiente Mejoría de la Calidad del Ambiente, Empleando Alguno de los Métodos Desarrollados para Monetizarlos	62
4.6. - Aplicación de las Tasas de Interés a la Corriente Anualizada de Costos y Beneficios para Determinar el Valor Presente Neto	63
4.7. - Justificación de que esta Norma Oficial Mexicana es la Medida Idónea para Solucionar el Problema de la Contaminación	63
4.8. - Definición de las Condiciones para el Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana y los Criterios Programáticos para su Aplicación	64

CAPÍTULO V. INCINERACIÓN 66

5.1. - Tipos de Incineradores de Residuos Sólidos	68
5.2. - Incineradores de una Cámara	68
5.3. - Incineradores de Cámaras Múltiples	68
5.4. - Incinerador Tipo Retorta	69
5.5. - Incinerador en Línea	69
5.6. - Incineradores de Aire Controlado	73
5.7. - Incineradores de Horno Rotatorio	74
5.8. - Tecnologías para el Control de Emisiones a la Atmósfera	74
5.9. - Normatividad Estatal Sobre la Incineración de los Residuos Hospitalarios en los Estados Unidos de América	76
5.1. - Requisitos Legales para la Incineración de Residuos en los Estados de la Unión Americana	76
5.11. - Lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos para el Tratamiento de los Residuos Hospitalarios por Incineración	77

CAPÍTULO VI. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS HOSPITALARIOS Y LA TECNOLOGÍA PARA LA INCINERACIÓN QUE DEBE ADOPTAR MÉXICO	79
6.1. - <i>Proposición de las Especificaciones, Condiciones, Procedimientos y Requisitos de Incineración de Residuos Peligrosos Hospitalarios en México</i>	81
6.2. - <i>Costo-Beneficio en la Aplicación de la Norma Oficial Mexicana. Estimación de los Costos Sociales: Costos Directos de las Empresas, Costos Gubernamentales y Costos Indirectos.</i>	85
6.3. - <i>Estimación de los Beneficios Derivados de la Reducción de Contaminantes y la Consiguiente Mejoría de la Calidad del Ambiente, Empleando Algunos de los Métodos Desarrollados para Monetizarlos.</i>	86
6.4. - <i>Aplicación de Tasas de Interés a la Corriente Anualizada de Costos y Beneficios para Determinar el Valor Presente Neto</i>	86
6.5. - <i>Justificación de que la Norma Oficial Mexicana es la Medida Costo - Efectividad Idónea para Solucionar el Problema de la Contaminación</i>	87
6.6. - <i>Definición de las Condiciones para el Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana y los Criterios Programáticos para su Aplicación</i>	89
6.7. - <i>Fundamentación Jurídica</i>	91
CAPÍTULO VII. METODOLOGÍA	95
CAPÍTULO VIII. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	96
CAPÍTULO IX. CONCLUSIONES	112
BIBLIOGRAFÍA	114

RESUMEN

En este trabajo se analiza cómo deben manejarse los residuos biológico-infecciosos y el tratamiento adecuado que se les debe dar antes de su eliminación.

La investigación se lleva a cabo en base a la NOM 087-ECOL 1995 de la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Esta norma establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológicos infecciosos que se generan en establecimientos que prestan atención médica tales como hospitales, consultorios médicos, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biológicos, de enseñanza e investigación tanto humana como veterinaria.

También se proporciona información nacional e internacional de los procedimientos de manejo y tratamiento que se llevan a cabo con este tipo de residuos biológico-infecciosos.

Lo establecido en la NOM 087-ECOL1995, se aplicó a la UNAM Campus Cuautitlán, para determinar la cantidad de residuos biológico-infecciosos que se generan y el manejo que se les da.

Obteniendo como resultado que, efectivamente, es generadora de residuos peligrosos biológico-infecciosos los cuales son manejados de manera inadecuada por no contar con el equipo de trabajo e instalaciones apropiadas para su manejo y tratamiento. Esto se debe también a que no se imparte la información suficiente a todo el personal que está en contacto directo con ellos. Y, por lo tanto, desconocen el grave peligro que representan para la salud y el medio ambiente. No obstante, algunos docentes e investigadores hacen un gran esfuerzo al aplicar algunas técnicas de tratamiento.

En esta investigación se mencionan algunas alternativas que pueden llevarse a cabo en la UNAM, Campus Cuautitlán, para un buen manejo y tratamiento antes de ser eliminados.

LISTA DE ABREVIATURAS

CCAT	Cantidad de Contaminantes en la Atmósfera.
CDC	Centro de Control de Enfermedades.
CFR	Código Federal de Regulación.
Crem	Cremación.
CRETIB	Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico-Infecioso.
EPA	Agencia de Protección ambiental (Environment Protection Agency)
Est	Esterilización.
Inc	Incinerización
INE	Instituto Nacional de Ecología.
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social.
ISSSTE	Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado
NOM	Norma Oficial Mexicana
SECOFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social.
SEDUE	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
S.S.A.	Secretaría de Salubridad y Asistencia
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
VIH	Virus de Inmunodeficiencia Humana.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	TÍTULO	Página
TABLA 1.-	Legislación Nacional.....	4
TABLA 2.-	Legislación Internacional.....	6
TABLA 3.-	Clasificación de los Establecimientos Generadores de Residuos Biológicos- Infecciosos.....	8
TABLA 4.-	Identificación y envasado de residuos Biológico-Infecciosos.....	9
TABLA 5.-	Tasa de Producción de Residuos Hospitalarios.....	25
TABLA 6.-	Volumen Estimado de Residuos Hospitalarios Generados en las Unidades Médicas para la Población Abierta (S.S.A. y Otros).....	25
TABLA 7.-	Volumen de Estimado de Residuos Hospitalarios Generados en las Unidades Médicas del IMSS, 1991.....	25
TABLA 8.-	Volumen Estimado de Residuos Hospitalarios Generados en las Unidades Médicas del ISSSTE.....	25
TABLA 9.-	Volumen Estimado de Residuos Hospitalarios Generados en las Unidades Médica Privadas de la República Mexicana.....	26
TABLA 10.-	Volumen Estimado de Residuos Hospitalarios Generados en las Instituciones Médicas de la República Mexicana.....	26
TABLA 11.-	Tasa de Generación de Residuos Hospitalarios por tipo de Unidad Hospitalaria en el IMSS.....	26
TABLA 12.-	Proporción de Residuos Infecciosos en las Unidades Médicas del IMSS	27
TABLA 13.-	Proporción de Residuos Infecciosos Reportados en los Hospitales (Porcentajes máximos y mínimos).....	27
TABLA 14.-	Fuentes y Volúmenes de Residuos Hospitalarios Producidos en los Estados Incluidos en el Programa de Demostraciones de la Ley de Rastreo de Residuos Médicos de los Estados Unidos de América.....	28
TABLA 15.-	Tasa de Generación de Residuos Sólidos en algunos Países de Latinoamérica.....	29
TABLA 16.-	Tasa de Generación de Residuos Hospitalarios en Noruega, España y Reino Unido.(Cantidad de residuos kg/cama/día).....	29
TABLA 17.-	Tasa de Generación de Residuos Hospitalarios en los Países Bajos. Tipo de Establecimiento.....	30
TABLA 18.-	Tasa de Generación de Residuos Hospitalarios en los Estados Unidos de América. Cantidad de desechos.....	30
TABLA 19.-	Tipos de Residuos Médicos, Métodos de Tratamiento y eliminación final recomendados por el CDC y la EPA de los EE.UU.....	43

TABLA 20.-	Estimación de los Costos Sociales, Costos Directos e Indirectos.....	62
TABLA 21.-	Comparación entre las Emisiones de los Incineradores de Cámara Única y Cámaras Múltiples.	70
TABLA 22.-	Composición Química y Datos de la Combustión de los Residuos Patológicos. Análisis Final (Animal completo).....	70
TABLA 23.-	Emisiones de dos Incineradores Patológicos con Quemadores Secundarios.....	71
TABLA 24.-	Emisiones de dos Incineradores Patológicos sin Quemadores Secundarios.....	72
TABLA 25.-	Criterios Recomendados para los Incineradores de Residuos Infecciosos.....	79
TABLA 26.-	Límites Máximos Permisibles de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera.....	81
TABLA 27.-	Costos Sociales: Costos Directos de las Empresas, Costos Gubernamentales y Costos Indirectos.....	85
TABLA 28.-	Estimación de los beneficios derivados de la Reducción de Contaminantes.....	86
TABLA 29.-	Aplicación de las Tasas de Interés, Analizada de Costos y Beneficios para determinar el Valor Presente Neto.....	87
TABLA 30.-	Precios y Características del los Equipos Incineradores.....	88

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1R	Residuos Biológico-Infeciosos Generados en los Diferentes Tipos por las Asignaturas.....	104
Cuadro 2R	Empresas Autorizadas por el INE para realizar el Transporte de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos.....	110
Cuadro 3R	Empresas Autorizadas por el INE para el Tratamiento de Residuos Peligrosos Biológico Infeciosos.....	111

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Tipos de Desechos-Biológico Infeciosos Generados en la UNAM Campus Cuautitlán.....	100
Gráfica 2	Tipos de Residuos Generados en un día de labores en la UNAM, Campus Cuautitlán, en la Asignatura de ABC.....	101
Gráfica 3	Tipos de Residuos Generados en un día de labores en la UNAM, Campus Cuautitlán, en la Asignatura de Farmacología.....	102
Gráfica 4	Tipos de Residuos Generados en un día de labores en la UNAM, Campus Cuautitlán, en la Asignatura de Microbiología.....	103
Gráfica 5	Kilogramos de Residuos Generados semestralmente en algunas asignaturas de FES Cuautitlán.....	105
Cuestionario.....		97
Fotografías.....		107, 108, 109

INTRODUCCIÓN

La producción de bienes y servicios, los hábitos de consumo y la explosión demográfica, han llevado a niveles antes inimaginables la generación de residuos, incrementando los riesgos para la salud y la amenaza de contaminación del ambiente.

Industria y urbanización van de la mano, configurando los nuevos escenarios económicos, sociales y ambientales de la modernización. La industria utiliza materias primas, energía, capital y trabajo humano para generar bienes socialmente deseables, pero, también, sus procesos productivos arrojan al ambiente subproductos indeseables entre ellos están las emisiones de contaminantes a la atmósfera, las descargas de aguas residuales y los residuos no peligrosos y peligrosos.

Estos últimos incluyen sustancias y agentes que tienen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (propiedades CRETIB). Conviene recordar que los residuos peligrosos pueden adoptar una amplia gama de estados físicos y contener una diversidad enorme de compuestos químicos que, dependiendo de su grado de concentración y características, van adquiriendo una potencialidad diferente de provocar impactos.

Entre los intentos que han surgido para clasificar de forma coherente y ordenada a los residuos industriales se ha considerado su composición química, estado físico, descripción genérica (agua, breas, bases, lubricantes, colas, disolventes, envases, sedimentos, carbones activados, catalizadores, jaleas, lodos, soluciones, tierras y otras), el proceso industrial que les da origen y las características que los hacen peligrosos (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, carácter biológico-infeccioso).

La inquietud mundial sobre los desechos peligrosos como uno de los principales problemas ambientales y sociales surgió durante los años setenta como resultado de una mayor toma de conciencia con respecto a la toxicidad potencial de los productos químicos para el ser humano y su persistencia en el ambiente.

Otra fuente de desechos peligrosos en la sociedad moderna ha sido el dedicado al cuidado de la salud, actividad que si bien no genera una importante cantidad de residuos algunos de ellos deben considerarse potencialmente peligrosos. Estos residuos son los denominados biológico-infecciosos.

Todos los establecimientos que presten atención médica están involucrados en la generación de estos residuos. Tales como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biológicos, laboratorios de enseñanza e investigación tanto humanos como veterinarios.

El manejo de los residuos sólidos generados en establecimientos hospitalarios, cuando es realizado de manera inadecuada, puede crear situaciones de serio riesgo para la salud, tanto de la población hospitalaria -personal y pacientes-, como para la salud de la comunidad en general. Tales situaciones de riesgo constituyen una categoría específica que debido a su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas pueden 1) causar un aumento de la mortalidad o un aumento de enfermedades graves irreversibles o reversibles que producen invalidez, o contribuir significativamente a ello, o 2) plantear un riesgo sustancial real o potencial a la salud humana o al medio ambiente cuando son tratados, almacenados, transportados, eliminados o manejados en forma indebida.

Los riesgos arriba mencionados involucran en primer término al personal que debe manejar los residuos sólidos tanto dentro como fuera del establecimiento, personal que de no contar con suficiente capacitación, entrenamiento, equipo y herramientas de trabajo e instalaciones apropiadas para el manejo y tratamiento de los residuos puede verse expuesto directamente con éstos.

Los adelantos científicos y tecnológicos del presente siglo se han reflejado en gran medida en una creciente complejidad de las técnicas de diagnóstico y de la práctica terapéutica, lo que, sumado a la introducción y uso cada vez más frecuente de material desechable, ha determinado un proceso de cambios cualitativos y cuantitativos en los desechos, que es necesario analizar en el momento de buscar soluciones para las diversas etapas del manejo de los residuos sólidos de un hospital .

En los países industrializados, las normas y regulaciones aplicables a la generación y manejo de este tipo de residuos son cada vez más estrictas, por el grave peligro que representan, ya que éstos son contaminantes que repercuten considerablemente en la salud de toda persona que está en contacto con ellos, generándoles enfermedades contagiosas e inclusive hasta mortales.

En México ya se ha tomado la iniciativa de establecer las medidas necesarias para los procedimientos adecuados de disposición de los residuos biológico-infecciosos, por el grave problema que representan para la salud y el medio ambiente. Para lo cual existe Legislación Nacional e Internacional para dichos residuos.

Con respecto a nuestra facultad, ha tenido un rápido crecimiento que sin deseárselo ni preverlo ha generado un impacto ambiental debido a varios factores, entre los que se encuentra la generación de este tipo de sustancias durante sus actividades cotidianas de docencia e investigación. No obstante como Institución Educativa y de Investigación debe cumplir con toda normatividad vigente.

Por las razones anteriores expuestas, se realiza este trabajo de investigación hemerográfica y de campo en el cual se plantean los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

1. Aportar información actualizada, sobre la problemática que representan en México los residuos peligrosos biológico - infecciosos, a fin de consolidar un modelo de desarrollo sustentable que no ponga en riesgo los recursos naturales de los que dependen las generaciones futuras.
2. Realizar un estudio y producir un documento sobre la forma en que están siendo manejados los residuos sólidos hospitalarios, analizando los aspectos normativos, que permitan extraer conclusiones y recomendaciones que puedan resultar de utilidad, para un sistema confiable y seguro, en el manejo y control de los residuos que se generan cotidianamente en las labores de docencia e investigación en la UNAM, Campus Cuautitlán, con el propósito de mejorar su capacidad de proteger la salud humana de aquellos sectores de la comunidad, que directa o indirectamente lleguen a verse expuestos al contacto con los diversos desechos, que por su carácter infeccioso o por sus propiedades físicas y o/ químicas presentan un alto grado de peligrosidad.
3. Proporcionar una herramienta útil para lograr que la totalidad de los residuos sólidos generados por los establecimientos hospitalarios, y por la UNAM, Campus Cuautitlán, reciban un manejo adecuado, desde el punto de vista ambiental, en forma sostenida con las condiciones y posibilidades locales.
4. Todo esto se podrá llevar a cabo en las asignaturas en las cuales se generan este tipo de residuos, ejemplo: Productos Naturales, Farmacología, Virología Diagnóstica, Microbiología Farmacéutica, Análisis Bioquímicos Clínicos I, II y III, Inmunología Especial, Parasitología, Virología Médica, Bacteriología Diagnóstica, Microbiología General I y II, Micología.

CONCEPTOS

Para el logro de los objetivos y para la mejor comprensión de esta investigación es de suma importancia el manejar los siguientes conceptos :

Atención médica

Conjunto de servicios que se proporcionan con el fin de proteger, promover y restaurar la salud humana y animal.

Autoclave

Recipiente metálico de paredes resistentes y cierre hermético que sirve para esterilizar los equipos y materiales utilizados, mediante la combinación de calor, presión proporcionada por el vapor y tiempo.

Autoclave de alto vacío

Es aquel en la que la expulsión del aire se realiza mediante una bomba de extracción capaz de lograr un vacío no menor de 15 mm Hg de presión absoluta.

Autoclave de desplazamiento descendiente o por gravedad

Es aquel en la que la expulsión del aire se lleva a cabo por gravedad, debido a la diferencia de su densidad en comparación con la del vapor caliente que ingresa al esterilizador.

Autoclave tipo retorta

Equipo de alto vacío para esterilización de grandes volúmenes de residuos peligrosos biológico - infecciosos.

Cámara de combustión primaria

Compartimiento en donde se realiza la ignición y se lleva a cabo la combustión parcial de los residuos peligrosos biológico - infecciosos.

Cámara de combustión secundaria

Compartimiento en donde se lleva a cabo la combustión total de los residuos peligrosos biológico-infecciosos

Capacidad calorífica del incinerador

Cantidad de kilocalorías por hora (KCal/h) que puede resistir un incinerador durante una hora a condiciones óptimas de operación.

Carga de residuos

Cantidad de residuos introducidos en la cámara primaria para ser tratados.

Cenizas

Material sólido no combustible e inerte que se obtiene como subproducto del proceso de combustión.

Combustión

Oxidación vía térmica que consiste en la combinación del oxígeno con aquellos materiales o sustancias capaces de oxidarse.

Cremación

Proceso para la destrucción de cadáveres mediante oxidación térmica.

Desinfección

Destrucción de los microorganismos patógenos en todos los ambientes, materias o partes en que pueden ser nocivos, por los distintos medios mecánicos, físicos o químicos contrarios a su vida o desarrollo, con el fin de reducir el riesgo de transmisión de enfermedades.

Emisiones del incinerador

Los gases y partículas liberados hacia la atmósfera durante el proceso de combustión.

Establecimiento que presta atención médica

El lugar público o privado, fijo o móvil cualesquiera que sea su denominación, que preste servicios de atención médica, ya sea ambulatoria o para internamiento de seres humanos y animales.

Esterilización

Procedimiento físico, químico o fisicoquímico mediante el cual se destruyen los microorganismos en todas sus formas de vida.

Esterilización mediante vapor a presión

La que se realiza por la acción combinada de calor, transmitida por el vapor y presión en un autoclave.

Incinerador

Equipo con una o más cámaras de combustión, que sirve para oxidar vía térmica los residuos.

Indicador biológico de esterilización

Microorganismo termorresistente, generalmente esporas de *Bacillus stearothermophilus*, que se utiliza en una autoclave en el control de calidad.

Material de desecho

Son los que no tienen uso directo y se descartan en forma permanente.

Órgano

Entidad morfológica compuesta por la agrupación de tejidos diferentes que concurren al desempeño del mismo trabajo fisiológico.

Oxidación térmica

Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos mediante procesos controlados a altas temperaturas.

Residuo peligroso biológico-infecciosos

El que contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que contiene toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos y al ambiente, que se generan en hospitales y establecimientos de atención médica, tales como laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biológicos, laboratorios de enseñanza e investigación, tanto humanos como veterinarios.

Sangre

El tejido hemático con todos sus elementos.

Tejido

Entidad morfológica compuesta por la agrupación de células de la misma naturaleza, ordenadas con regularidad y que desempeñan una misma función.

Tratamiento de residuos peligrosos biológico-infecciosos

Método que elimina las características infecciosas de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

Valor calorífico

Es el calor liberado cuando los residuos son quemados completamente y los productos de la combustión son enfriados a la temperatura inicial de los residuos.^{32, 35}

CAPÍTULO I

Para el manejo adecuado de los Residuos Biológico-Infeciosos es prioritario el conocimiento de la Normatividad Nacional e Internacional, la recopilación de ésta se presenta a continuación.

TABLA 1. LEGISLACIÓN NACIONAL

<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CRP-001-ECOL-1993.</p>	<p>Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.</p>
<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM CRP-002-ECOL-1993.</p>	<p>Establece los procedimientos para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.</p>
<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM CRP-003-ECOL-1993</p>	<p>Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-CPR-001-ECOL 1993.</p>
<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM CRP-004-ECOL-1993.</p>	<p>Establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos excepto de los radiactivos.</p>
<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM CRP-005-ECOL-1993.</p>	<p>Establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.</p>
<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM CRP-007-ECOL-1993.</p>	<p>Establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.</p>
<p>PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-087-ECOL-1994. SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL.</p>	<p>Establece los requisitos para la clasificación, separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, <i>tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos</i> que se generen en establecimientos que presten atención médica, tales como hospitales y consultorios médicos, así como laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios.</p>
<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-087-ECOL-1995. SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA.</p>	<p>Establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.</p>

TABLA 1. LEGISLACIÓN NACIONAL

<p>NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SCT/1994. SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.</p>	<p>Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.</p>
<p>REUNIÓN SOBRE SALUD Y AMBIENTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO</p>	<p>Programa para el manejo de los desechos sólidos del Hospital Central Militar. Secretaría de la Defensa Nacional y Departamento del Distrito Federal. Abril 1989.</p>
<p>SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA</p>	<p>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo que se refiere a residuos peligrosos.</p>
<p>SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA.</p>	<p>Reglamento de la Ley General del Equilibrio y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. SEDUE Junio 1989.</p>
<p>INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA.</p>	<p>Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para el tratamiento de los residuos hospitalarios mediante esterilización. Agosto 1993.</p>
<p>INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA.</p>	<p>Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para el tratamiento de los residuos hospitalarios mediante incineración. Agosto 1993.</p>
<p>INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL.</p>	<p>Manual de Procedimientos para el Manejo y Control de Residuos Biológico-infecciosos. Tóxico-Peligrosos, Comunes y Reciclables .</p>

TABLA 2. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL

CÓDIGO FEDERAL DE REGULACIÓN CFR DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA. JULIO 1989	5540 CFR-PART 259 Standards for the Tracking and Management of Medical Waste.
CODIGO FEDERAL DE REGULACIONES.	Vol.40 Part 260 1991
ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY EPA.	Protecting Health and Safety at Hazardous Waste Sites :Anoverview.EPA/625/9-85/006.
CÓDIGO FEDERAL DE REGULACIÓN	Usachppm Information Paper Transportation of Medical Waste. <i>htt://www.chppm.meis.apgea.army.mil/hmwp/infopapers/medwtrns.html</i>
ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. DIVISIÓN DE SALUD Y AMBIENTE.	Desechos peligrosos y Salud en América Latina y el Caribe. Washigton DC, 1994.
LE CENTRE NATIONAL DEI EQUIPEMENT HOSPITALIER CNEH.	Guide Technique Pour la gestion et L'Elimination des déchets Hospitaliers.
DIANN J. MIELE.	Home Guide for Medical Waste Disposal. <i>http:// www.epa.gov/cookbook/page18.html</i>
TITLE 252. OKLAHOMA ADMINISTRATIVE CODE CHAPTER 520.	Solid Waste Management (New) Julio 1996.

TABLA 2. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL

NORMATIVIDAD ESTATAL DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	
<p>ARIZONA REVISED STATUTES TITLE 36, ARTICLE 2, GENERAL HOSPITALS. REGULATION R9-10-220 ENVIRONMENTAL SERVICES, SUBSECTION E.</p>	<p>Todos los residuos infecciosos deben ser: 1) esterilizados (autoclave) y eliminados en un relleno sanitario aprobado, ó 2) incinerados en un incinerador aprobado. Existen modalidades para los residuos no tratados cuando la capacidad de tratamiento es insuficiente. (Oficina de Licencias para las Instituciones Hospitalarias).</p>
<p>CALIFORNIA HEALTH AND SAFETY CODE CHAPTER 6.5, ARTICLE 2, SECTION 25117.5 CALIFORNIA ADMINISTRATIVE CODE, TITLE 22. DIVISION 4, CHAPTER 30 : MINIMUM STANDARDS FOR MANAGEMENT OF HAZARDOUS AND EXTREMELY HAZARDOUS WASTE, INFECTIOUS WASTE REGULATIONS, EFFECTIVE NOVEMBER 16, 1985.</p>	<p>Los residuos infecciosos deben ser incinerados, esterilizados o tratados, por otros métodos aprobados. (Departamento de Servicios de Salud).</p>
<p>DELAWARE CODE, TITLE 7, CHAPTER 60 : SOLID WASTE ACT. DELAWARE SOLID WASTE DISPOSAL REGULATIONS, AUGUST 1974.</p>	<p>La eliminación de los residuos infecciosos se aprueba caso por caso. Hasta la fecha no se ha permitido que ningún tipo de residuos hospitalario sea desechado en los rellenos sanitarios sin tratamiento previo. Se han propuesto nuevas regulaciones. (Depto. de Recursos Naturales).</p>
<p>ILLINOIS REVISED ACT 101-105, JANUARY 1985. STATE OF ILLINOIS RULES AND REGULATIONS 35 SUBTITLE G, SUBPART F, SECTIONS 700.601-700.605.</p>	<p>Todos los residuos hospitalarios infecciosos deben convertirse en inoocuos, mediante esterilización o incineración antes de su eliminación (EPA).</p>
<p>TEXAS REVISED CIVIL STATUTES OF THE STATE OF TEXAS ANNOTATED, ARTICLE 4477-7 TEXAS SOLID WASTE DISPOSAL ACT, AND ARTICLE 4477-1 TEXAS SANITATION AND HEALTH PROTECTION LAW, AS AMENDED. TEXAS ADMINISTRATIVE CODE 325.136 (b) (1). TEXAS DEPARTMENT OF HEALTH, MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT REGULATIONS, EFFECTIVE JULY 1983, AS AMENDED.</p>	<p>Los residuos infecciosos están regulados como residuos especiales. La incineración es el método preferido como tratamiento. Los residuos no tratados deben ser empaquetados en bolsa doble y eliminados en su relleno sanitario Tipo 1 (Depto. de Salud).</p>

1.1. - NORMA OFICIAL MEXICANA 087-ECOL-1995.

Debido a que la Norma Oficial Mexicana 087-ECOL-1995 es la que rige en México sobre el manejo de estos residuos, se presenta en este capítulo especial.

Considerando que, en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 19 de agosto de 1994, se publicó en el Diario Oficial de la Federación con carácter de Proyecto la presente Norma, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del Ordenamiento Legal citado en el párrafo anterior, estuvieron a disposición del público los documentos a que se refiere dicho precepto.

Que en el plazo a que hace referencia el considerando primero, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de Norma, los cuales fueron analizados por el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes.

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca publicó las respuestas a dichos comentarios recibidos en el Diario Oficial de la Federación de fecha 20 de septiembre de 1995.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 12 de junio de 1995, aprobó:

La Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995, que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que prestan atención médica, tales como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biológicos, laboratorios de enseñanza e investigación, tanto humanos como veterinarios.^{14, 32, 35}

CLASIFICACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS.

Los establecimientos de atención médica se clasifican de acuerdo a la siguiente tabla.

Esta clasificación está basada de acuerdo a la cantidad que se genera de residuos biológico-infecciosos, en ellos están incluidos los que producen más de 25 kilogramos al mes ó 1 kilogramo al día.^{32,35}

TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
Clínicas de consulta externa y veterinaria en pequeñas especies.	Hospitales que tengan de 1 a 50 camas	Hospitales con más de 50 camas
Laboratorios clínicos que realicen de 1 a 20 análisis al día	Laboratorios clínicos que realicen de 21 a 100 análisis al día	Laboratorios clínicos que realicen más de 100 análisis clínicos al día. Laboratorios para la producción de biológicos Centros de Enseñanza e Investigación.

IDENTIFICACIÓN Y ENVASADO DE RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS

Todos los residuos peligrosos biológico-infecciosos generados en establecimientos de atención médica se deberán separar y envasar de acuerdo con sus características físicas y biológico-infecciosas de acuerdo a la siguiente tabla.

TABLA 4. IDENTIFICACIÓN Y ENVASADO DE RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS

TIPO DE RESIDUO	ESTADO FÍSICO	ENVASADO	COLOR
SANGRE CULTIVOS Y CEPAS ALMACENADAS DE AGENTES INFECCIOSOS	SOLIDOS	BOLSA DE PLASTICO	ROJO
RESIDUOS NO ANATOMICOS DERIVADOS DE LA ATENCIÓN A LOS PACIENTES Y LOS LABORATORIOS	LIQUIDOS	RECIPIENTES HERMÉTICOS	ROJO
OBJETOS PUNZOCORTANTES USADOS Y SIN USAR.	SOLIDOS	RECIPIENTES RÍGIDOS DE METAL O DE PLÁSTICO	ROJO
PATOLÓGICOS	SOLIDOS	BOLSAS DE PLASTICO	AMARILLO
	LIQUIDOS	RECIPIENTES HERMÉTICOS	AMARILLO

Las bolsas deberán ser de polietileno e impermeables de calibre mínimo 300 para los residuos patológicos y de 200 para los demás, de acuerdo al color especificado anteriormente.

Las bolsas se llenarán al 80% de su capacidad, cerrándose antes de ser transportadas al sitio de almacenamiento temporal.

Los recipientes de los residuos peligrosos punzocortantes deben ser rígidos, de polipropileno, resistentes a fracturas y pérdida del contenido al caerse, destructibles por métodos fisicoquímicos, esterilizables, con una resistencia mínima de penetración de 12.5 N (newton) en todas sus partes y tener tapa con o sin separador de agujas y abertura para depósito con dispositivos para cierre seguro. Deben ser de color rojo y libres de metales pesados y cloro, debiendo estar etiquetados con la leyenda que indique **"PELIGRO, RESIDUOS PUNZOCORTANTES BIOLÓGICO-INFECCIOSOS"** y marcados con el símbolo universal de riesgo biológico, el cual indica la Norma Oficial Mexicana.

La resistencia mínima de penetración será determinada por la medición de la fuerza requerida para penetrar los lados y la base con una aguja hipodérmica calibre 21 mediante dispositivos como el Instrón, Calibrador de Fuerza Chantillon o tensiómetro. Una vez llenos, los recipientes no deben ser abiertos o vaciados.

Los recipientes de los residuos peligrosos líquidos deben ser rígidos, con tapa hermética, etiquetados con una leyenda que indique **"PELIGRO, RESIDUOS PELIGROSOS LÍQUIDOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS"** y marcados con el símbolo universal de riesgo biológico.^{14,32,35}

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE INTERNO

Se destinarán carritos manuales de recolección exclusivamente para la recolección y depósito en el área de almacenamiento. Éstos deberán tener la leyenda **"USO EXCLUSIVO PARA RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS"** y marcado con el símbolo universal.

El diseño del carrito manual de recolección deberá prever la seguridad en la sujeción de las bolsas y los contenedores, así como el fácil tránsito dentro de la instalación. Se desinfectarán diariamente con vapor o con algún producto químico que garantice sus condiciones higiénicas. No deberán rebasar su capacidad de carga durante su uso. No podrán utilizarse ductos neumáticos o de gravedad como medio de transporte interno de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, tratados o no tratados.

Se deberán establecer rutas de recolección para su fácil movimiento hacia el área de almacenamiento.

El equipo mínimo de protección del personal que efectúe la recolección consistirá en uniforme completo, guantes mascarilla o cubreboca. Si se manejan residuos líquidos se deberán usar anteojos de protección.^{14,31,34}

SÍMBOLO UNIVERSAL



PELIGRO
RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS

ALMACENAMIENTO

Se deberá destinar un área para el almacenamiento de los residuos peligrosos Biológico-Infeciosos. Aquí están exentos los establecimientos que se encuentran en la clasificación del nivel I, pudiendo ubicar los contenedores con tapa y rotulados con el símbolo universal de riesgo biológico, con la leyenda "PELIGRO, RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS" en el lugar más apropiado dentro de sus instalaciones de manera que no obstruyan las vías de acceso y sean movidos sólo durante las operaciones de recolección.

El período de almacenamiento temporal a temperatura ambiente estará sujeto al tipo de establecimiento.

NIVEL I: hasta 7 días.

NIVEL II: hasta 96 horas.

NIVEL III: hasta 48 horas.

Los residuos patológicos, humanos o de animales, deberán conservarse a una temperatura no mayor de 4°C. (grados centígrados).

El área de almacenamiento deberá estar separada de las siguientes áreas: de pacientes, visitas, cocina, comedor, instalaciones sanitarias, sitios de reunión, áreas de esparcimiento, oficina, talleres y lavandería.

Estar techada y ubicada donde no haya riesgo de inundación y de fácil acceso. Contar con extinguidores de acuerdo al riesgo asociado. Tener muros de contención lateral y posterior con una altura mínima de 20 centímetros para detener derrames. Tener una pendiente del 2% (dos por ciento) en sentido contrario a la entrada.

No deben existir conexiones con drenaje en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de comunicación que pudiera permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida.

Tener una capacidad mínima, de tres veces el volumen promedio de residuos peligrosos biológico-infecciosos generados diariamente.

Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.

El acceso a esta área sólo se permitirá al personal responsable de estas actividades y se deberán realizar las adecuaciones en las instalaciones para los señalamientos de acceso respectivos.

El diseño, la construcción y la ubicación de las áreas de almacenamiento temporal destinadas al manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos deberán contar con la autorización correspondiente por parte de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología.^{14,32,35}

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE EXTERNO

La recolección y el transporte de los residuos peligrosos de esta Norma Oficial Mexicana deberá realizarse conforme a lo dispuesto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, en el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

Sólo podrán recolectarse los residuos que cumplan con el envasado, embalado y etiquetado o rotulado como se establece en la Norma Oficial Mexicana.

Los residuos peligrosos biológico-infecciosos no deberán ser compactados durante su recolección y transporte.

Los contenedores referidos anteriormente deberán ser lavados y desinfectados después de cada ciclo de recolección.

Los vehículos recolectores deberán ser de caja cerrada, hermética y contar con sistemas de captación de escurrimientos, además de sistemas mecanizados de carga y descarga.

Las unidades para el transporte de residuos peligrosos biológico-infecciosos deberán contar con sistemas de enfriamiento para mantener los residuos a una temperatura de 4°C (cuatro grados centígrados). Cuando la Secretaría lo considere necesario.

Los residuos peligrosos biológico-infecciosos sin tratamiento no deberán mezclarse con ningún otro tipo de residuos municipales o de origen industrial durante su transporte.^{14,32,35}

TRATAMIENTO

Los residuos peligrosos biológico-infecciosos deberán ser tratados por métodos físicos o químicos, éstos deberán ser autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología y deberán cumplir los siguientes criterios generales:

Garantizar la eliminación de microorganismos patógenos y volver irreconocibles a los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

Los métodos de tratamiento deberán cumplir, previo a su autorización, un protocolo de pruebas siguiendo los términos de referencia marcados por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología. El tratamiento podrá realizarse dentro del establecimiento generador o en instalaciones específicas fuera del mismo, para lo cual se requiere de la autorización de la antes mencionada Secretaría.

Método de Incineración.- Proceso controlado mediante el cual los residuos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos son quemados y transformados a gases no combustibles.

Los residuos patológicos deberán incinerarse o depositarse en celdas de confinamiento.

Método de esterilización.- Significa la "destrucción de toda forma de vida" y corresponde a un proceso radical que altera o daña las características de los agentes vivos.

Los establecimientos que presten atención médica deberán presentar su programa de contingencias en caso de derrames, fugas o accidentes relacionados con el manejo de estos residuos.^{14,32,35}

DISPOSICIÓN FINAL

Una vez tratados e irreconocibles, los residuos peligrosos biológico-infecciosos, se eliminarán como residuos no peligrosos.

En localidades con una población hasta de 100,000 habitantes se podrán disponer los residuos peligrosos biológico-infecciosos sin tratamiento en celdas especiales. El diseño, la construcción y la operación de las celdas especiales serán autorizadas por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca a través del Instituto Nacional de Ecología.^{14,32,35}

1.2. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

Características Físicas, Químicas y Biológico-Infecciosas de los Residuos Peligrosos Hospitalarios.

La mayor parte de los residuos infecciosos está compuesta por materiales sintéticos contaminados, como tubos de plástico desechables y productos de papel. Es decir, la peligrosidad de los residuos hospitalarios no está en función de la composición química de los residuos, sino de sus propiedades infectocontagiosas.

A diferencia de los contaminantes de origen industrial y vehicular, los contaminantes de los residuos hospitalarios son de carácter biológico; en general los organismos contagiosos pueden clasificarse como virus, bacterias y parásitos, es decir, su característica principal es su capacidad de reproducirse en los seres humanos y producirles daño, y aun la muerte. De allí que el indicador principal de la naturaleza de los microorganismos infecciosos sea la virulencia. Clásicamente la virulencia se relaciona con el grado de la patogenicidad de un agente infeccioso, con el nivel de toxicidad de las sustancias químicas que produce en el organismo y su capacidad de penetración. Sin embargo, a estas características clásicas de patogenicidad hay que añadir los factores ambientales. Por ejemplo si un agente no es muy virulento, pero es muy abundante y tiene una gran facilidad para entrar en contacto con los individuos, entonces se facilitará la propagación de las infecciones. Éste es un aspecto de suma importancia en nuestro medio en donde existen deficiencias muy graves en materia de saneamiento básico,

es decir recolección de basuras y potabilidad del agua. En tales condiciones los microorganismos infecciosos de los residuos hospitalarios encuentran las condiciones idóneas para su transmisión. El conocimiento de estos mecanismos de inducción de las enfermedades infecciosas debe complementarse con la información sobre las diferentes condiciones que hacen que un residuo médico se convierta en residuo peligroso al contaminarse con tales agentes. Es conveniente distinguir por lo tanto entre los propios agentes infecciosos y los residuos hospitalarios, que en este caso únicamente actúan como vectores.

Si los residuos sólidos que se generan en un establecimiento médico no se contaminan con algún agente infeccioso, entonces no difieren de los residuos municipales en cuanto a su nivel de peligrosidad. Los residuos hospitalarios pueden actuar como vehículos de los agentes microbiológicos.

En los países industrializados existe una baja incidencia de padecimientos infecciosos, estas enfermedades representan la causa más importante de demanda de atención hospitalaria en nuestro país. En el caso de las enfermedades parasitarias las diferencias son aún mayores puesto que mientras que en esos países tales enfermedades están prácticamente erradicadas, en nuestro medio son de carácter endémico. No obstante, la identificación y cuantificación de los agentes infecciosos dentro de los residuos hospitalarios resulta prácticamente imposible, simplemente porque no es factible realizar los muestreos y cultivos necesarios dentro de normas de seguridad adecuadas; además si fuese posible llevar a cabo tales cultivos y resultaran negativos, lo único que probaría es que en la muestra tomada no hay agentes infecciosos, sin descartar la presencia de tales agentes en otras partes de los residuos. Por esta razón los residuos hospitalarios infecciosos se clasifican con relación al sitio donde se generan.

Con fines aplicativos la Organización Mundial de la Salud ha propuesto una clasificación de los microorganismos según grupo de riesgo.

1.2.1 CLASIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS

- | | |
|----------------------------|--|
| Grupo de Riesgo I | (BAJO RIESGO PARA EL INDIVIDUO Y LA COMUNIDAD)
Microorganismos poco probables de producir enfermedad a los individuos y animales. |
| Grupo de Riesgo II | (RIESGO INDIVIDUAL MODERADO, RIESGO LIMITADO A LA COMUNIDAD)
Agentes patógenos que pueden producir enfermedades a los individuos y a los animales, pero que son de bajo riesgo para los individuos expuestos en el laboratorio, la comunidad, los animales y el ambiente. La exposición en el laboratorio puede producir una grave infección, pero las medidas preventivas de tratamiento están disponibles y el riesgo de contagio es limitado. |
| Grupo de Riesgo III | (ALTO RIESGO PARA EL INDIVIDUO, BAJO RIESGO PARA LA COMUNIDAD)
Agentes patógenos que producen enfermedades graves, pero que ordinariamente no producen contagio entre los individuos. |
| Grupo de riesgo IV | (ALTO RIESGO PARA EL INDIVIDUO Y LA COMUNIDAD)
Agentes patógenos que generalmente producen enfermedades graves a los individuos o animales y pueden transmitirse fácilmente, directa o indirectamente. |

Esta clasificación debe ajustarse a cada país o región según el patrón epidemiológico de las enfermedades de mayor prevalencia. Como cada hospital atiende determinados padecimientos infecciosos, corresponde a ellos mismos determinar el grado de peligrosidad de sus propios residuos. Es decir los residuos de un servicio hospitalario que atiende enfermos infecciosos difieren de aquéllos que se originan en donde se atienden padecimientos crónicos no contagiosos. En conclusión, los riesgos de los residuos hospitalarios se refieren a su capacidad para mantener la cadena de transmisión de las enfermedades infecciosas, sobre todo aquellas de alta endemia.^{2,3,14}

1.2.2 VOLUMEN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN FUNCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN ANTERIOR.

Para los fines de esta norma, es decir el tratamiento final mediante esterilización, lo más relevante es determinar qué proporción del total de los residuos hospitalarios son peligrosos y cuál es su composición. Lo primero es de importancia primordial porque los residuos hospitalarios no infecciosos caen dentro de la categoría de residuos municipales ordinarios, cuyo manejo es similar al de otras instituciones como escuelas, hoteles, etc. Esta situación es diferente para otros países como los Estados Unidos, en donde la recolección de los residuos hospitalarios es llevada a cabo por empresas privadas, motivo por el cual la incineración *In situ* se convierte en una alternativa no sólo para el tratamiento de los residuos infecciosos, sino para el total de los residuos. Sin embargo, dentro de nuestro contexto nacional en donde existen problemas de muy diversa índole para efectuar correctamente la incineración y en donde además el servicio de recolección es municipal, la incineración aparece más bien como el recurso para el tratamiento final exclusivamente de los residuos patológicos e infecciosos. De allí la importancia de determinar cuál es la fracción de los residuos infecciosos, ya que a ésta se aplicaría exclusivamente la incineración. Una vez aclarado lo anterior resulta obvio que para el proceso de incineración lo que interesa es la composición de los residuos infecciosos y no tanto de los residuos hospitalarios en general.

En la mayoría de los hospitales de los Estados Unidos de América se considera que del 10 al 15% del total de los residuos hospitalarios son de carácter infeccioso. Sin embargo, dependiendo de la definición del término "infeccioso" esta proporción puede llegar hasta 30 ó 40% (ASHE; 1980). Al aplicar la clasificación a los residuos hospitalarios del IMSS se encuentra que la fracción potencialmente peligrosa es aproximadamente del 50%. También se observa en esa misma institución que en los hospitales del tercer nivel (mayor especialización de la intervención médica) la proporción de residuos considerados peligrosos es mayor alcanzando el 57%, en comparación con las clínicas A y B en donde se considera que únicamente el 35% pertenece a esta categoría. Por lo que respecta a otras instituciones de salud, existe una gran variación de criterios; también se observan fluctuaciones extremas.

Así por ejemplo en los hospitales de especialidades de la SSA, la proporción de residuos hospitalarios según los criterios de éstos va desde 1% hasta 60%. El otro hecho de gran interés es que los hospitales privados tienen la tendencia a admitir una proporción más baja de residuos hospitalarios; de hecho, los hospitales particulares de provincia reportan como cifra máxima 10.0% de residuos infecciosos.^{2,3,14}

1.3. PAUTAS DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD PARA EL MANEJO, TRANSFERENCIA, TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN FINAL DE LOS MICROORGANISMOS EN LOS LABORATORIOS.

Las pautas de la Organización Mundial de la Salud, que a continuación se refieren, han sido formuladas por este organismo para todos los gobiernos, a fin de que sirvan de punto de partida para sus propias normas y para lograr homogeneidad a nivel internacional, haciendo que los países de menor desarrollo se beneficien de las experiencias de los países más avanzados en esta materia. Las recomendaciones de la OMS se basan en un esquema de "Riesgo" de los agentes infecciosos, el cual es de gran utilidad para establecer las prioridades en la aplicación de los métodos de tratamiento de los residuos infecciosos.

Como la esterilización es el procedimiento de elección para el tratamiento de los residuos allí producidos, a continuación se indican los métodos de tratamiento recomendados de conformidad con los niveles de riesgo, incluyendo su manejo general.

GRUPO DE RIESGO I.

(BAJO RIESGO PARA EL INDIVIDUO Y LA COMUNIDAD)

Estos microorganismos difícilmente causan enfermedades entre los seres humanos y los animales, y sólo se recomiendan las prácticas habituales de buen manejo de laboratorio. El bajo riesgo de estos microorganismos se explica porque en gran medida están muy difundidos en el ambiente y, aunque en algunas ocasiones pueden causar enfermedades a los individuos, esto se debe más bien a que en tales casos actúan de manera oportunista. No se considera necesaria la aplicación de algún método de tratamiento para los residuos contaminados con estos microorganismos.

GRUPO DE RIESGO II.

(LABORATORIOS DE CONTENCIÓN Y DE MÁXIMA CONTENCIÓN)

El manejo, transferencia y transporte de especímenes y agentes infecciosos inadecuadamente empacados representa un riesgo de infección para los individuos involucrados en estas actividades. La transferencia de estos materiales entre laboratorios o instituciones amplía las posibilidades de riesgo para la población general y el ambiente.

1. - Procedimientos de Manejo Interno: Los envases deben ser a prueba de fugas. Ningún material debe permanecer afuera después de que la tapa ha sido cerrada.

2. - Transporte: Para evitar derrames o fugas accidentales en el ambiente debe disponerse de envases secundarios, los cuales deben ser de metal o plástico.

3. - Abertura de los envases: De manera ideal todos los paquetes recibidos por vía aérea o correo deberán ser abiertos en un gabinete de seguridad biológica.

4. - Descontaminación y Eliminación Final: Los procesos de descontaminación y eliminación final son actividades muy interrelacionadas en un laboratorio, ya que la desinfección o esterilización constituyen la primera fase de la eliminación final, pues eventualmente los instrumentos, equipos y accesorios son eliminados al ambiente. Sin embargo, en términos de uso cotidiano solamente una parte es eliminada, ya que en gran proporción son reciclados o reutilizados.

Las principales preguntas que deben responderse antes de la eliminación de cualquier objeto o material de laboratorio que ha entrado en contacto con microorganismos potencialmente infecciosos o restos patológicos son:

¿Han sido los objetos o materiales desinfectados o esterilizados correctamente mediante un procedimiento aprobado?, si no es así, ¿los objetos o materiales han sido envasados de una manera aprobada para su incineración inmediata **In situ** o para su transferencia a otro laboratorio?

¿La eliminación de los objetos o materiales desinfectados representan riesgos potenciales adicionales, biológicos o de otro tipo para los responsables de la eliminación inmediata o para el ambiente fuera de las instalaciones del laboratorio?

Descontaminación: La esterilización mediante autoclave es el procedimiento de elección.

La autoclave debe ser del tipo de desplazamiento por gravedad (desplazamiento descendente).

Métodos Alternos: Hervir durante 30 minutos, preferentemente en agua con bicarbonato.

Utilizar una olla de presión a lo máximo posible.

La utilización de calor seco no se recomienda, a causa de sus variaciones impredecibles.

Tampoco se recomienda la luz ultravioleta.

Eliminación: Debe establecerse un sistema de clasificación de los materiales contaminados; estas categorías pueden ser:

Residuos no contaminados, los cuales pueden ser eliminados juntamente con los residuos generales.

Material contaminado para esterilización (autoclave) y reutilización.

“Objetos Punzocortantes”. Las agujas hipodérmicas deben colocarse en un envase con paredes que no sean fácilmente penetrables. Cuando el envase se llene, debe colocarse en los depósitos de los residuos contaminados o a ser incinerados, aun cuando las normas de laboratorio indiquen que debieron ser

esterilizados previamente. Las jeringas desechables colocadas en su envase deben ser incineradas, aun cuando hayan sido esterilizadas (autoclave) previamente.

Esterilización de Material Contaminado: El material debe ser colocado en envases a prueba de fugas con suficiente desinfectante para cubrir los contenidos. A continuación se colocan los envases en la autoclave. Cualquier limpieza o reparación se efectúa después de la esterilización.

Material Contaminado Desechable: Todos los cultivos y material contaminado habitualmente son esterilizados (autoclave) en recipientes a prueba de filtraciones antes de ser eliminados.

Después de la esterilización el material puede ser colocado en envases de transferencia para ser llevados a un incinerador o a otros puntos de eliminación. En algunas situaciones no se requiere la esterilización previa. En tales instancias los residuos contaminados se colocan en envases especialmente marcados, los cuales son transportados directamente al incinerador. El mejor procedimiento consiste en colocar una bolsa de plástico y allí colocar una caja de cartón con los residuos, y de esa manera incinerar el contenido junto con el envase. Si se utilizan recipientes de transferencia deben ser limpiados y desinfectados después de vaciar los residuos contaminados y antes de reingresar al laboratorio. Tales recipientes deben estar a prueba de filtraciones con tapas herméticas.

Incineración: Es el método de elección para la eliminación final de residuos contaminados, incluyendo los restos de animales de laboratorio. Los procedimientos de incineración para estos propósitos deben cumplir con las normas de las autoridades de salud pública y control de la contaminación.

En donde no esté permitida la incineración para estos fines, los métodos de eliminación final deben establecerse en cooperación con las autoridades de salud pública.^{2,3}

1.4. RECOMENDACIONES DEL GRUPO DE EXPERTOS DE LA OFICINA REGIONAL PARA EUROPA DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS BIOMÉDICOS.

Comentario:

Dentro de la Organización Mundial de la Salud una de sus estructuras de mayor importancia por su grado de organización y calidad técnica es la Oficina Regional para Europa. A diferencia de las recomendaciones y pautas de la Organización Mundial de la Salud para todos los países, esta oficina regional orienta sus recomendaciones para los países europeos, en especial para aquellos que se encuentran dentro de la Comunidad Económica Europea. De allí la importancia de consultar sus recomendaciones que se presentan a continuación.

Descripción:

Además de los riesgos para los individuos dentro del medio hospitalario, es indispensable tomar en cuenta el posible impacto de los residuos hospitalarios sobre el ambiente y la salud humana fuera de los establecimientos médicos. En particular debe prestarse atención a la población, incluyendo los aspectos estéticos, emocionales y valores de la población, así como la contribución de estos residuos a la contaminación del aire, agua y suelos. Para minimizar estos riesgos externos, es indispensable tomar las medidas conducentes para controlar los residuos en las fuentes en donde se producen. Para este propósito los residuos deben clasificarse y concentrarse dentro de los residuos hospitalarios a fin de facilitar su manejo, y siempre que sea posible, los residuos deben reciclarse, para que de esta manera pueda evitarse que los residuos se incorporen a los residuos que requieren tratamiento para su adecuada eliminación.

No se recomienda la trituración de los residuos sólidos y su eliminación posterior al drenaje, porque generalmente dificultan la operación de las plantas de tratamiento. El manejo de los residuos biomédicos debe enfocarse básicamente como un problema de sistemas, que generalmente se inicia en los servicios clínicos. Generalmente requiere la recolección y eliminación de los residuos de la manera más higiénica y económica posible, mediante procedimientos que en todas las etapas minimicen los riesgos para la salud y el ambiente.

Clasificación y Almacenamiento.

Los residuos generales no requieren medidas especiales y pueden ser manejados con toda seguridad de la misma manera que los residuos municipales. Siempre que sea posible debe intentarse el reciclamiento de los residuos. Los objetos punzocortantes deben ser guardados en envases a prueba de punción para su eliminación con los residuos generales o para su posterior manejo con los residuos peligrosos.

Los residuos patológicos e infecciosos deben ser clasificados. Los residuos infecciosos de alto riesgo primero deben ser esterilizados preferentemente en el sitio de generación, para reducir el riesgo al personal y a los pacientes de su empaquetamiento para su tratamiento y eliminación. Los envases a presión como son aquellos que contienen aerosoles no deben incluirse entre los residuos para incineración.

Los residuos que tienen que separarse deben colocarse en bolsas desechables, resistentes a la humedad, pendientes de agarraderas especiales o utilizadas como revestimiento para los recipientes de metal o plástico. Las bolsas deben ser lo suficientemente fuertes como para resistir daños mecánicos internos o externos y solamente deben ser llenadas hasta un nivel que permita que la bolsa pueda ser fácil y correctamente cerrada. Las bolsas o paquetes señalados con un código de color y marcados con los símbolos correspondientes, que deben utilizarse para identificar los residuos infecciosos y patológicos. Los envases deben ser sellados antes de ser transportados y deben ser compatibles con el método de tratamiento y de eliminación final. Si se utilizan bolsas para esterilización, deben permitir que penetre el vapor para que se lleve a cabo la esterilización.

Transporte

El movimiento, transporte interno y externo de los residuos debe considerarse como parte de un plan integral de manejo de los residuos de todos los establecimientos sanitarios. Habitualmente dentro de los establecimientos, se transportan desde su punto inicial de almacenamiento a una área de acopio, o a un incinerador *In situ*. En algunos hospitales modernos se utilizan ductos neumáticos automáticos para el movimiento de la basura. Sin embargo, aunque estos sistemas reducen la manipulación manual, pueden originar otros problemas técnicos e higiénicos.

Los residuos que se transportan fuera del hospital no deben representar ningún riesgo para la población, una vez que han sido tratados adecuadamente. El contenido de todos los recipientes y sus posibles riesgos potenciales deben ser identificados mediante la documentación respectiva en el vehículo de transporte, el cual deberá tener una carrocería cerrada a prueba de fugas, debiendo ser lavado después de cada uso y desinfectado cuando sea necesario.

Requisitos Especiales para los Residuos Químicos

El manejo, almacenamiento y transporte de los residuos químicos requieren cuidados especiales, no sólo dentro de los establecimientos, sino también respecto a su transportación y eliminación fuera de los hospitales. Esta situación puede minimizarse de la siguiente manera:

1. - Reduciendo cuanto sea posible la utilización de productos químicos dentro del hospital.
2. - Manteniendo al mínimo los inventarios de estos productos.
3. - Sustituyendo siempre en lo posible los productos riesgosos, por no riesgosos.

El primer paso en el manejo de los residuos químicos debe consistir en separar los residuos de productos peligrosos, de los no peligrosos. Los residuos deben ser depositados en recipientes a prueba de fugas, los cuales deben ser etiquetados para identificar su contenido y almacenados según su compatibilidad. Los residuos no peligrosos pueden ser eliminados junto con los residuos generales o reciclados siempre que sea posible.

Residuos Químicos No Peligrosos

Algunos de los compuestos químicos habitualmente identificados en los establecimientos hospitalarios son los siguientes:

Compuestos Orgánicos: Acetatos (Ca, Na, NH_4 , K); los Aminoácidos y sus sales; Ácido cítrico y sus sales (de Na, K, Mg, Ca y NH_4); Ácido láctico y Sales (de Na, K, Mg, Ca, NH_4) y azúcar.

Compuestos Inorgánicos: Bicarbonatos (Na, K); Boratos (Na, K, Mg, Ca); Bromuros (Na, K); Carbonatos (Na, K, Mg, Ca); Cloruros (Na, K, Mg, Ca); Fluoruros (Ca); Yoduros (Na, K); Óxidos (B, Mg, Ca, Al, Si, Fe); Fosfatos (Na, K, Mg, Ca, NH₄); Silicatos (Na, K, Mg, Ca), y Sulfatos (Na, K, Mg, Ca, NH₄).

Los residuos químicos no riesgosos y no reciclables deben ser depositados en recipientes desechables o bolsas de plástico, claramente marcadas como no riesgosos.

Residuos Químicos Peligrosos

Los residuos químicos riesgosos que no pueden ser reciclados deben ser clasificados según el tipo de riesgo y el método apropiado de tratamiento y eliminación. Debe disponerse de áreas especiales adecuadas para el almacenamiento de estos residuos, que son reactivos y explosivos. Como estos residuos generalmente tienen características tóxicas e inflamables no deben depositarse en el drenaje. Cualquiera de estos residuos que no pueda ser incinerado *in situ* debe ser manejado y eliminado por una agencia especializada. Cuando se trata de cantidades pequeñas, puede ser conveniente desarrollar un sistema de recolección y eliminación regional, que permita una forma económica de eliminación.

Métodos de Tratamiento y Eliminación de los Residuos.

Al considerar los métodos más apropiados de tratamiento y eliminación, deben tomarse en cuenta todas las opciones locales.

Residuos Generales: No se requiere tratamiento especial de estos residuos, ya que pueden ser eliminados conjuntamente con los residuos municipales. Los restos alimentarios deben ser tratados como residuos si no son consumidos, los provenientes de las áreas de tuberculosis deben ser esterilizados antes de su eliminación final.

Residuos Patológicos: El tratamiento y eliminación puede ser por esterilización, incineración o enterramiento. Sin embargo, la incineración es el mejor método, en el supuesto de que se disponga de uno con las características técnicas apropiadas para ello. Si el tratamiento es por incineración, también debe incinerarse el material utilizado para el empaquetamiento.

Residuos Infecciosos: La incineración es el método preferido para este tipo de residuos. También es posible la reclasificación después de la desinfección o esterilización. Se considera que para este tipo de residuos no es necesario la esterilización como forma de pretratamiento antes de su incineración, si los residuos están convenientemente empaquetados y se manejan adecuadamente.

Objetos Punzocortantes: La incineración es el método preferido para las jeringas y agujas desechables, las cuales deben ser depositadas en el incinerador en envases de protección (combustibles).

Fármacos citotóxicos, genotóxicos, y residuos contaminados por fármacos: Estos residuos no deben ser esterilizados, porque los operadores pueden exponerse a sustancias tóxicas, deben ser clasificados, empaquetados, etiquetados y tratados mediante incineración.^{2,3}

CAPÍTULO II

HOSPITALES, CLÍNICAS, LABORATORIOS CLÍNICOS Y LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN.

2.1. CLASIFICACIÓN

El esquema básico según el cual están clasificados los establecimientos médicos, que prestan servicios de salud en México está organizado en niveles de atención:

PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN:

Corresponde a la atención ambulatoria, no especializada, de carácter general, que se presta básicamente en el consultorio o servicios de consulta externa de los hospitales, y que se considera que no genera residuos hospitalarios peligrosos.

SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN:

Corresponde a la atención médica de tipo hospitalario, que se presta por las cuatro especialidades médicas básicas, que son: medicina interna, pediatría, cirugía general y ginecología; se considera que en estos servicios se generan residuos hospitalarios peligrosos.

TERCER NIVEL DE ATENCIÓN:

Corresponde a la prestación de servicios a través de las especialidades médicas en el medio hospitalario, con gran participación de la intervención quirúrgica y alta tecnología; se acepta que aquí se producen residuos biomédicos peligrosos.

Este modelo de prestación de los servicios se apoya en el hecho de que del total de los individuos con algún trastorno de salud, la mayoría es atendida y resuelve su problema en el consultorio, es decir en el primer nivel de atención. Una proporción mayor resuelve sus problemas en el segundo nivel de atención y sólo una fracción más pequeña presenta complicaciones o un agravamiento de tal magnitud que lo inducen a buscar atención altamente especializada.

Desde otro punto de vista significa que durante la vida de un individuo solamente una pequeña fracción de los eventos médicos requiere intervención del tercer nivel. Las consecuencias prácticas de este fenómeno son, por lo tanto, que en términos numéricos las unidades del primer nivel de atención son más comunes, pero con escaso impacto negativo en el ambiente. Por el contrario, las unidades de segundo y tercer nivel, aunque menos numerosas, pueden producir mayores volúmenes de residuos peligrosos puesto que atienden a individuos con problemas más graves de salud, que a menudo son de carácter invasivo, el cual puede generar residuos médicos de riesgo para el ambiente.

En nuestro país se considera que existe un sistema mixto de prestación de servicios, integrado por instituciones públicas y privadas; cada una de ellas se subclasifica a su vez, atendiendo primordialmente a su forma de financiamiento y de pago de servicios. Estas características repercuten evidentemente en los volúmenes, tipo de residuos producidos y prácticas de eliminación. La clasificación de los servicios de salud según las características aquí mencionadas permiten establecer que las instituciones de salud más numerosas son las de carácter público, ya que están constituidas por los organismos de seguridad social y por las instituciones para la población abierta. Las instituciones de seguridad social atienden a los trabajadores y sus dependientes y se concentran prioritariamente en los centros urbanos; las instituciones públicas prestan servicio a la población "abierto" o población general, integrada principalmente por la población urbana marginada, por la población rural, y en general por todos aquellos que no gozan de los

beneficios de la seguridad social, y no disponen de los recursos económicos para pagar los servicios de la medicina privada. Es pertinente tener presente que la población atendida por estas instituciones se traslapa, puesto que las instituciones para la población abierta cuentan con servicios altamente especializados, que también son utilizados por sectores de la población sin problemas económicos.

Un indicador indispensable para caracterizar las fuentes y estimar la producción de residuos hospitalarios se refiere a la cobertura de estos servicios. Los criterios de clasificación de las Unidades Hospitalarias utilizados son los siguientes:

INSTITUTOS.

Se trata de unidades de tercer nivel, destinadas principalmente a la investigación científica, docencia y atención médica de padecimientos de alta complejidad.

HOSPITALES DE ESPECIALIDAD.

Corresponden a las unidades de segundo y tercer nivel de atención dedicadas al manejo de alguna especialidad o de varias especialidades médicas.

HOSPITALES GENERALES.

Son los nosocomios de segundo nivel que dan atención primordialmente de las cuatro ramas básicas de la medicina, a saber: pediatría, ginecobstetricia, cirugía y medicina interna.

HOSPITALES CIVILES.

Se trata de hospitales generales administrados por los gobiernos estatales.

HOSPITALES UNIVERSITARIOS.

Son unidades hospitalarias dependientes de una institución de educación superior, que prestan atención a la población abierta y en forma complementaria apoyan la formación de recursos humanos.

HOSPITALES MUNICIPALES.

Se trata de hospitales generales organizados y patrocinados por los ayuntamientos.

HOSPITALES RURALES.

Son establecimientos de segundo nivel de atención del programa IMSS-SOLIDARIDAD, para la población abierta de carácter rural con las cuatro especialidades médicas básicas.

CAMAS HOSPITALARIAS.

Son las camas censables, es decir aquéllas que se encuentran en funcionamiento.

Los residuos potencialmente peligrosos que provienen de los laboratorios clínicos se componen principalmente de cultivos de agentes infecciosos; por lo que se refiere a las unidades de cirugía, los residuos de mayor interés para los propósitos de esta norma son los restos de tejidos humanos, sangre y sus derivados, así como objetos contaminados (guantes, apósitos, bisturíes, etc.) con agentes infecciosos.

Conviene aclarar que el nivel de producción y el tipo de residuos está en función del tipo de hospital y del número de camas. Es decir, un quirófano o un laboratorio producirán más o menos residuos en función del número de pacientes.^{2,3}

2.2. LOS LABORATORIOS DE ANÁLISIS CLÍNICOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA.

Al igual que ocurre con otras fuentes de contaminación, resulta difícil elaborar un inventario exhaustivo cuando se trata de fuentes que se podrían denominar "menores", como es el caso de los laboratorios clínicos. Los establecimientos que pueden considerarse como fuentes más importantes están constituidos por los centros hospitalarios. Los principales residuos peligrosos que pueden generarse, son cultivos bacterianos y objetos punzocortantes contaminados. Sin embargo, si en un laboratorio se siguen los procedimientos recomendados para una buena práctica, se debe efectuar por norma la esterilización de los objetos contaminados.

La dispersión de estos establecimientos en todo el territorio nacional dificulta su adecuada localización; más aún, un número indeterminado de estos establecimientos se ubica en áreas periféricas y con escasa infraestructura tecnológica. Sin embargo, la sola determinación del número y ubicación de los laboratorios clínicos puede resultar también insuficiente, ya que existe una gran variedad en la capacidad de los laboratorios. En todo caso debe tenerse presente que los laboratorios clínicos prestan servicio a los pacientes atendidos en los consultorios privados, de allí que su número y capacidad depende del número de médicos que prestan servicio de manera privada. Las estadísticas disponibles al respecto muestran que los médicos en práctica privada se concentran en los centros urbanos, por lo que los laboratorios clínicos también se concentran allí. Las entidades federativas identificadas con el mayor número de laboratorios clínicos son el Distrito Federal y su área conurbada, Tamaulipas, Veracruz, Michoacán y Baja California; entre ellas reúnen el 40% de estos establecimientos y el Distrito Federal exclusivamente el 15%. Estos datos son indicativos de los lugares prioritarios para el control de este tipo de residuos.^{2,3}

2.3. LAS INSTITUCIONES DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA COMO FUENTES DE RESIDUOS MICROBIOLÓGICOS PELIGROSOS.

Según se ha indicado, el término "residuos hospitalarios" es un concepto restrictivo porque incluye no sólo los residuos de hospitales, sino en general los que pueden producirse en otros escenarios donde se lleva a cabo la atención a la salud y en las instalaciones en donde se realizan diversos tipos de investigación biomédica. Gran parte de la investigación biomédica de tipo experimental se lleva a cabo mediante microorganismos, algunos de ellos de carácter infeccioso, con la prueba de medicamentos en animales de laboratorio, muchos de los cuales deben ser sacrificados y con la utilización de múltiples sustancias químicas. De allí que la investigación biomédica es extremadamente variable y se lleva a cabo en muy diversos tipos de instalaciones. Resulta por lo tanto muy difícil identificar las fuentes y cuantificar los residuos que allí se producen. De hecho no existe un banco de datos que pueda considerarse exhaustivo a nivel nacional. Por tal motivo se ha tomado como criterio principal identificar a las instituciones más representativas en este campo.

Para este propósito se ha considerado pertinente utilizar la información de la Academia de la Investigación Científica (AIC), sobre las instituciones en donde existe registrado por lo menos un investigador afiliado al Sistema Nacional de Investigación. Esta situación garantiza que en estas instituciones se lleva a cabo investigación biomédica de manera regular. Para caracterizar más a fondo el tipo de investigación que se lleva a cabo y los residuos potencialmente peligrosos que allí se generan, hubiera sido necesario efectuar una encuesta a cada institución, tal que hubiese requerido un periodo prolongado y considerables recursos económicos. Como el catálogo de instituciones de la AIC se refiere a todos los tipos de investigación, éste se examinó para incluir exclusivamente a aquéllas en las cuales se realiza investigación biomédica. La relación está integrada por 75 instituciones de muy diversa naturaleza y magnitud, pues incluye hospitales, universidades e instituciones gubernamentales y privadas. De hecho esta relación es una simplificación, ya que hay instituciones que por sí solas constituyen un sistema de investigación a nivel nacional como es el caso del Instituto Mexicano del Seguro Social, el cual dispone de instalaciones de investigación biomédicas muy importantes en el Distrito Federal, Jalisco, Nuevo León, Puebla y en muchas otras entidades federativas. Lo mismo es aplicable en general a las Universidades, en especial a la Universidad Nacional Autónoma de México. A manera de ejemplo se indican las instalaciones de la UNAM en donde se llevan a cabo actividades relacionadas con la investigación y enseñanza biomédica:

- 1.- CENTRO DE ECODesarrollo.
- 2.- CENTRO DE ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN DEL SURESTE. A.C.
- 3.- CENTRO DE INVESTIGACION CIENTÍFICA DEL ESTADO DE MÉXICO. A.C.
- 4.- CENTRO DE INVESTIGACION CIENTÍFICA DE YUCATÁN
- 5.- CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA.

- 6.- CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO. A.C.
- 7.- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN.
- 8.- CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DE BAJA CALIFORNIA SUR
- 9.- CENTRO DE INVESTIGACIONES DE QUINTANA ROO. A. C
- 10.- CENTRO DE INVESTIGACIONES ECOLÓGICAS DEL SURESTE
- 11.- CENTRO EXPERIMENTAL DEL SURESTE.
- 12.- CENTRO NACIONAL DE TRANSFUSIÓN SANGUÍNEA.
- 13.- COLEGIO DE POSTGRADUADOS.
- 14.- COMISIÓN NACIONAL DE FRUTICULTURA
- 15.- ESCUELA SUPERIOR DE AGRICULTURA "HERMANOS ESCOBAR".
- 16.- HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO.
- 17.- HOSPITAL GENERAL "DR. MANUEL GEA GONZÁLEZ".
- 18.- HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO "DR. FEDERICO GÓMEZ".
- 19.- INSTITUTO DE ECOLOGÍA. A. C.
- 20.- INSTITUTO DE SEGURIDAD SOCIAL Y SERVICIO DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO.
- 21.- INSTITUTO MEXICANO DE PSIQUIATRÍA
- 22.- INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL.
- 23.- INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA.
- 24.- INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA " DR. IGNACIO CHÁVEZ ".
- 25.- INSTITUTO NACIONAL DE DIAGNÓSTICO Y REFERENCIA EPIDEMIOLÓGICOS
- 26.- INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS.
- 27.- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS.
- 28.- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES PECUARIAS.
- 29.- INSTITUTO NACIONAL DE LA NUTRICIÓN " SALVADOR ZUBIRÁN ".
- 30.- INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y NEUROCIRUGÍA " DR. MANUEL VELASCO SUÁREZ".
- 31.- INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA.
- 32.- INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA
- 33.- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA.
- 34.- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.
- 35.- INVESTIGACIONES BIOTECNOLÓGICAS.
- 36.- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS .
- 37.- SECRETARÍA DE SALUD.
- 38.- SECRETARÍA DE LA DEFENSA NACIONAL
- 39.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "BENITO JUÁREZ" DE OAXACA.
- 40.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO".
- 41.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
- 42.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES.
- 43.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA.
- 44.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR.
- 45.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE
- 46.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS.
- 47.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA.
- 48.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA.
- 49.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUADALAJARA.
- 50.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO.
- 51.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE HIDALGO.
- 52.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
- 53.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN.
- 54.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA.

- 55.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO.
- 56.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
- 57.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA.
- 58.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS.
- 59.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA.
- 60.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN.
- 61.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS.
- 62.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARMEN.
- 63.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.
- 64.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS.
- 65.- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA.
- 66.- UNIVERSIDAD DE COLIMA.
- 67.- UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
- 68.- UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO.
- 69.- UNIVERSIDAD DE SONORA.
- 70.- UNIVERSIDAD JUAREZ AUTÓNOMA DE TABASCO.
- 71.- UNIVERSIDAD JUAREZ DEL ESTADO DE DURANGO.
- 72.- UNIVERSIDAD LA SALLE.
- 73.- UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.
- 74.- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- 75.- UNIVERSIDAD VERACRUZANA.

Sin embargo esta misma relación es incompleta, puesto que existen instalaciones dentro de la misma UNAM que por tener otra denominación no están incluidas. Sin embargo, para fines de la aplicación de este ordenamiento se considera útil, ya que, una vez tipificados los residuos, todas las instalaciones en donde se lleve a cabo este tipo de actividades quedarían incluidas dentro de su ámbito de aplicación.^{2,3}

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN HOSPITALES, CLÍNICAS, LABORATORIOS CLÍNICOS Y LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN.

Los residuos hospitalarios pueden clasificarse en ocho categorías principales: residuos generales, residuos patológicos, residuos radiactivos, residuos químicos, residuos infecciosos y potencialmente infecciosos, objetos punzocortantes, residuos farmacológicos y recipientes a presión.

Los residuos generales incluyen aquellos de tipo doméstico, los materiales para envoltura, las aguas residuales de lavandería y otras sustancias que no constituyen un problema especial de manejo o de riesgo para la salud y el ambiente.

Los residuos Patológicos están formados por tejidos, órganos, partes del cuerpo, fetos humanos y restos de animales, así como la mayor parte de los fluidos corporales, sangre y sus derivados.

Los residuos Radioactivos incluyen los desechos sólidos, líquidos y gaseosos contaminados con radionúclidos generados de los análisis *in vitro* de los tejidos y fluidos corporales, de los estudios de imagen *in vivo* de los órganos corporales y localización de tumores, así como los procedimientos terapéuticos.

Los residuos Químicos se refieren a las sustancias químicas sólidas, líquidas y gaseosas, que se generan durante las actividades de diagnóstico, experimentación y de las acciones de limpieza y desinfección. Los residuos químicos pueden o no ser de riesgo. Desde el punto de vista práctico, el procedimiento más apropiado para el manejo de los residuos consiste en considerar a un residuo químico como peligroso si cumple las siguientes características: Toxicidad; Corrosividad (ácidos un pH. 2.0 y bases un pH. 12.0), Inflamabilidad, Reactividad (explosivo, reactivo al agua, sensible a la percusión),

Genotoxicidad (carcinogénico, mutagénico, teratogénico o, en general, capaz de alterar el material genético).

Los desechos químicos no riesgosos están compuestos de azúcares, aminoácidos y algunas sales orgánicas e inorgánicas.

Los residuos infecciosos son aquellos que contienen microorganismos patógenos en concentración suficiente como para producir enfermedad. Esta categoría incluye cultivos de agentes infecciosos de laboratorio, residuos de cirugía, autopsia de pacientes con padecimientos infecciosos, residuos que han estado en contacto con pacientes infectados que están recibiendo hemodiálisis y residuos que han estado en contacto con animales inoculados con un agente infeccioso o que tiene alguna infección.

Los objetos punzocortantes incluyen las agujas, jeringas, escalpelos, navajas y en general cualquier objeto capaz de cortar o punccionar.

Los residuos farmacéuticos incluyen los compuestos farmacológicos, los medicamentos y los productos químicos no utilizados en los servicios, aquéllos que se dañan, que están contaminados o vencidos, y que por lo tanto deben desecharse.

Los recipientes a presión incluyen todos aquellos que pueden explotar si son incinerados o punccionados.^{2,3}

2.5. INVENTARIO DE UNIDADES HOSPITALARIAS PRIVADAS EN MÉXICO.

El inventario o padrón de las unidades hospitalarias privadas en nuestro país ha sido tradicionalmente uno de los elementos que han estado ausentes cuando para cualquier propósito (sanitario, administrativo, etc.) se caracteriza a las instituciones médicas en México. De hecho estas instituciones habitualmente se han mantenido desligadas del Sistema Nacional de Salud. Es por ello que generalmente la estimación del número y capacidad de estas instituciones se ha efectuado de manera indirecta, determinando por exclusión la proporción de la población abierta, y en las instituciones de seguridad social este procedimiento para efectuar su estimación da resultados muy aproximados, pues efectivamente las personas que no acuden a las dos instituciones indicadas, deben hacerlo en algún momento en las instituciones privadas.

Cabe mencionar que no basta la simple localización de estos establecimientos, sino sobre todo se requiere determinar su capacidad, y tipo de centro hospitalario. No obstante la gran dificultad para generar este tipo de información, gracias al apoyo de la Dirección General de Estadística de la SSA, por primera vez ha sido posible en nuestro país confeccionar el inventario de los establecimientos privados en la República Mexicana y de esa manera disponer de los datos necesarios para estimar el volumen de los residuos hospitalarios, y por ende la contribución de estas instituciones al posible deterioro del ambiente, si estos residuos no se tratan adecuadamente.

Los índices de producción de residuos (expresados en kg/cama/día) muestran características de gran interés entre las que destacan las siguientes; la producción de residuos es menor en los establecimientos de provincia (alrededor de la mitad comparado con las unidades del D.F.); aparentemente las instituciones privadas tienen una mayor tasa de generación de residuos, y en los hospitales generales se producen más residuos que en los de especialidades. Por lo que respecta a los establecimientos del IMSS se observa que la variación de la tasa de producción de residuos entre sus diversos tipos de hospitales es relativamente pequeña, de tal manera que la tasa promedio (3.5 Kg/cama/día) no se aleja sensiblemente de los valores extremos (4.0 para los hospitales generales y 2.7 para las clínicas T-2 y A y B). Esto puede reflejar la aplicación de procedimientos muy similares en la atención de los pacientes atendidos en el IMSS.

**TABLA 5. TASA DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS
(Kg /Cama/ Día)**

SSA		ISSSTE		PRIVADOS	
D.F	PROVINCIA	D.F	PROVINCIA	D.F	PROVINCIA
H. General	Especialidad	H. General	Especialidad	H. General	Especialidad
6.9	4.6	2.4	6.8	8.5	3.7

TASA PROMEDIO 5. 4 Kg /Cama/Día.^{2,3}

Ahora bien, considerando de manera conjunta todas las instituciones de salud (IMSS y demás instituciones) el promedio general del índice de producción de residuos en México es de 4.45 Kg/cama/día, cifra que se encuentra dentro de los límites observados en diversos países de América Latina, y que es inferior a la observada en los países industrializados en donde se ha venido observando un incremento sostenido en la producción de residuos hospitalarios.

A continuación se aplica el índice de producción de residuos al número de camas existentes en cada tipo de institución, para obtener de esa manera el volumen de residuos sólidos producidos diariamente.

TABLA 6. VOLUMEN ESTIMADO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS GENERADOS EN LAS UNIDADES MÉDICAS PARA LA POBLACIÓN ABIERTA (S.S.A. Y OTROS).^{2,3}

TIPO DE UNIDAD	No. DE CAMAS	(TON/DIA)
Institutos	1,878	8.64
Hospital de Especialidades	13,807	63.51
Hospital General	15,528	71.43
Total	31,213	143.58

TABLA 7. VOLUMEN ESTIMADO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS GENERADOS EN LAS UNIDADES MÉDICAS DEL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL, 1991.

DELEGACIÓN	No. DE CAMAS	(TON/CAMA/DIA)*
Distrito Federal	6,101	21.4
Regionales y Estatales	21,327	74.6
TOTAL	27,428	96.0

*FACTOR DE EXPANSIÓN = 3. 5 Kg./Cama/Día.^{2,3}

TABLA 8. VOLUMEN ESTIMADO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS GENERADOS EN LAS UNIDADES MÉDICAS DEL ISSSTE

DELEGACIÓN	No. DE CAMAS	(TON/CAMA/DIA)*
Distrito Federal	1,833	12.5
Demás Entidades Federativas	4,699	32.0
TOTAL	6,532	44.5

Factor de Expansión = 6. 8 Kg./Cama/Día.^{2,3}

TABLA 9. VOLUMEN ESTIMADO DE RESIDUOS GENERADOS EN LAS UNIDADES MÉDICAS PRIVADAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA

TIPO DE UNIDAD	No. DE CAMAS	(TON/DIA)
Clínicas	9, 573	58. 6
Sanatorios	3, 304	20. 2
Hospitales	3, 242	20. 1
Centro Médico	5, 776	35. 4
TOTAL	21, 895	134. 3

Factor de Expansión = 6. 12 Kg./Cama/Día.

El hecho más interesante es que, independientemente del número de camas, y del número de pacientes atendidos, por los tres tipos de instituciones (SSA, Seguridad Social y establecimientos privados), producen una proporción similar de residuos hospitalarios. Esto se explica porque el Instituto Mexicano del Seguro Social, a pesar de tener el mayor número de camas, es la institución que reporta el menor índice de producción de residuos hospitalarios.

TABLA 10. VOLUMEN ESTIMADO DE RESIDUOS GENERADOS EN LAS INSTITUCIONES MÉDICAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA.

INSTITUCIÓN	TON/DIA (%)	(%)
Población Abierta (SSA y otros)	143. 5	(34. 3)
Seguridad Social :	140. 5	(33. 6)
IMSS	(96.0)	
ISSSTE	(44.5)	
Medicina Privada	134. 3	(32. 1)
TOTAL	418. 3	(100. 0)

TABLA 11. TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS POR TIPO DE UNIDAD HOSPITALARIA EN EL IMSS (1989)

TIPO DE UNIDAD GENERACIÓN	KG/CAMA/DIA
Hospitales Generales	4. 0
Hospitales de Especialidades	3. 5
Clínica Hospital Tipo T-1	3. 6
Clínica Hospital Tipo T-2	2. 7
Clínica A y B (Clínica rural o de campo de 500-1000 habitantes)	2. 7
Mediana	3. 5

T-1 y T-2 Clínica Hospital Rural con las 4 especialidades de acuerdo a la cantidad de camas.

Aunque para determinar con suficiente precisión y representatividad el volumen, características y composición de los residuos hospitalarios se requiere llevar a cabo un registro sistemático y continuo en una muestra representativa en todo el territorio nacional, los datos aquí presentados se consideran suficientes para la fundamentación de la norma, ya que los hospitales enfrentan problemas comunes en cuanto al manejo de sus residuos y los procedimientos de atención médica siguen un patrón estandarizado.

TABLA 12. PROPORCIÓN DE RESIDUOS INFECCIOSOS EN LAS UNIDADES MÉDICAS DEL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

TIPO DE UNIDAD MÉDICA	% DE RESIDUOS PELIGROSOS
Hospitales Generales	49.0
Hospitales de Especialidades	57.0
Clínica Hospital Tipo T-1	45.0
Clínica Hospital Tipo T-2	48.0
Clínica A y B	35.0
Promedio	47.0

TABLA 13. FRACCIÓN DE RESIDUOS INFECCIOSOS REPORTADOS EN LOS HOSPITALES.

(Porcentajes máximos y mínimos)

SSA			ISSSTE		PRIVADOS	
D.F.		Provincia	D.F.		D.F.	Provincia
H.Gral	Esp	Esp	H.Gral	Esp	Esp	Esp
%	%	%	%	%	%	%
5-60	1-60	10-50	10-50		5-30	10-50

En la inspección que se llevó a cabo en los hospitales y al examinar la composición de los residuos infecciosos se encontró que aproximadamente entre el 50% y el 80% de los residuos al ser incinerados estaban formados por plásticos. Esto se debe a que en general en los hospitales existe la tendencia a emplear el incinerador lo menos posible y casi exclusivamente para los residuos considerados con certeza como infecciosos, aplicando para ello una definición muy restrictiva.

Sin embargo, se admite que existe la posibilidad de que diversos tipos de residuos puedan incinerarse y no solamente los residuos de tipo infeccioso.^{2,3}

CAPÍTULO III

EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

3.1. VOLUMEN DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN HOSPITALES CLÍNICAS, LABORATORIOS CLÍNICOS Y LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN.

En el ámbito internacional se ha determinado que las fuentes de residuos biológicos potencialmente peligrosos son de muy diversa naturaleza; los principales generadores son los hospitales. Esto puede evidenciarse con los datos obtenidos en los estados incluidos en el Programa de Rastreo de los Residuos Biomédicos (Medical Waste Tracking Act, 1988). En el siguiente cuadro puede observarse claramente que aunque numéricamente estos establecimientos en cada país representan una fracción muy pequeña de los generadores, en realidad constituyen la principal fuente de tales residuos.

TABLA 14. FUENTES Y VOLÚMENES DE RESIDUOS HOSPITALARIOS PRODUCIDOS EN LOS ESTADOS INCLUIDOS EN EL PROGRAMA DE DEMOSTRACIÓN DE LA LEY DE RASTREO DE RESIDUOS MÉDICOS EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

	No	%	TONS/6 MESES	%
HOSPITALES	599	(3.6)	43,557	(90.0)
CLINICAS	1,327	(8.1)	993	(2.0)
OTROS	14,512	(88.3)	3,861	(8.0)
TOTAL	16,438	(100%)	48,411	(100%)

Fuente: Medical Waste Management in the United States. Second Interim Report to Congress. USEPA. 1990.

Esto significa que los esfuerzos deben dirigirse prioritariamente a los centros hospitalarios. Ahora bien, en cuanto a los procedimientos para estimar el volumen de los residuos peligrosos, conviene señalar que éstos pueden clasificarse como directos e indirectos. El procedimiento directo consiste en cuantificar en cada sección del hospital, o sitio de almacenamiento los residuos hospitalarios; en aquellos establecimientos en que están establecidos procedimientos estrictos de clasificación y separación de los residuos, es posible determinar con relativa precisión la fracción de residuos hospitalarios y las fuentes específicas que los genera. Sin embargo, en la práctica esto resulta difícil de llevar a cabo debido a la multiplicidad de servicios y por las normas hospitalarias internas establecidas para el cuidado de los pacientes. Por lo regular las autoridades sanitarias y los propios directivos de los hospitales son los responsables del manejo interno de los residuos antes de ser eliminados al ambiente. Generalmente en aquellos países en donde se han cuantificado los residuos hospitalarios, esto se lleva a cabo cuando éstos son retirados por alguna empresa para su incineración en instalaciones especializadas. Tal acción se ha facilitado porque el costo del transporte e incineración de los residuos está con relación a su peso y volumen. Cuando los residuos hospitalarios son incinerados *in situ* pierde interés su cuantificación, pues en ese caso las emisiones a la atmósfera constituyen los contaminantes ambientales de interés. El procedimiento indirecto para estimar los residuos hospitalarios es similar a los que se utiliza para efectuar el inventario de emisiones a la atmósfera, en ese caso se utiliza un factor de emisiones, el cual se obtiene inicialmente mediante mediciones indirectas. Este factor se aplica a cada tipo de industria tomando en consideración sus insumos y procesos, efectuando los ajustes que se requieran a causa de las condiciones específicas de su generación. En el caso de la industria hospitalaria la utilización de este procedimiento

está plenamente justificada, porque al igual que otras actividades profesionales la atención médica se lleva a cabo de acuerdo a procedimientos estandarizados, cuya variación está dada fundamentalmente por grado de tecnología y disponibilidad de recursos.

Esto significa que la atención médica de una determinada afección se lleva a cabo de una manera similar en cualquier establecimiento médico. El factor para estimar la producción de residuos hospitalarios se expresa como: Kg de residuos/cama/unidad de tiempo. Para el caso de diversos países de Latinoamérica ya se ha determinado este factor o tasa de generación de residuos para lo cual se acepta una fluctuación ya que existen diversos condicionantes que alteran su valor. En el siguiente cuadro se muestran esos factores obtenidos en 7 países de América Latina ^{2,3}:

TABLA 15. TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ALGUNOS PAÍSES DE LATINOAMÉRICA

PAIS	AÑO DEL ESTUDIO	RESIDUOS (KG/CAMA/DÍA)	
		MINIMO-	MAXIMO
CHILE	1973 (1)	0.97	1.21
VENEZUELA	1976 (2)	2.56	3.71
BRASIL	1978 (3)	1.20	3.80
ARGENTINA	1982 (4)	0.82	4.20
PERU	1987 (5)	1.60	6.00
ARGENTINA	1988 (11)	1.85	3.65
PARAGUAY	1989 (6)	3.0	4.50
MEDIANA		1.6	3.8

Adaptado de: Montreal J. Consideraciones sobre el Manejo de Residuos de Hospitales en América Latina. Programa de Salud Ambiental. OPS/OMS 1991. Washington, D.C. Con propósitos comparativos se presentan datos de diversos países de Europa y de los Estados Unidos sobre la producción de residuos hospitalarios.

TABLA 16. TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS EN NORUEGA, ESPAÑA Y REINO UNIDO
Cantidad de residuos (Kg/Cama/Día)

TIPO DE HOSPITAL	NORUEGA	ESPAÑA	REINO UNIDO
Geriátrico.		1.2	1.6
Mental -		1.6	0.5
General -		2.8	2.5
Obstetricia -	3.4	3.0c	2.8
Universitario	3.9	4.4	3.3

TABLA 17. TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS EN LOS PAÍSES BAJOS. TIPO DE ESTABLECIMIENTOS

HOSPITALARIOS	No. CAMAS/CANTIDAD	DE RESIDUOS (Kg./día).
Hospitales Universitarios con instalaciones de investigación	900-1000 800-900	4.2 ^a 6.5 ^a
Hospitales Generales	600-700 300-400	2.7 2.3
Centros Médicos	< 100	5.0
Especializados	100-200	6.0
Salud Mental	800-900 400-500	1.3 1.2
Retraso Mental	400-500 700-800	1.8 1.4
Asilos	100-200	1.7

^a La diferencia de estas dos cifras se explica por la importancia de las instalaciones de investigación disponible en los dos hospitales analizados.

TABLA 18. TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA. CANTIDAD DE DESECHOS

No. de Camas	(Kg/Cama/Día (±SE))	Kg/Paciente/Día
< 100	4.10 (0.53)	5.38
< 100	4.10 (0.53)	5.38
100-299	4.42 (0.44)	5.80
300-499	4.88 (1.03)	6.40
> 500	5.24 (0.79)	6.87
Media	4.51 (0.31)	5.92

La tasa de K /paciente/día se deriva de Kg/cama/día, según la fórmula Kg/paciente/día = 100% tasa de ocupación. La tasa de ocupación hospitalaria en Carolina del Norte en 1980 fue de 76.2 % (Kg/cama/día).^{2,3}

3.2. EVALUACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS PELIGROSOS HOSPITALARIOS AL DETERIORO DE LA CALIDAD AMBIENTAL.

Se han realizado estudios en los residuos sólidos hospitalarios para determinar la presencia de agentes patógenos. Armstrong (1969) investigó los ductos hospitalarios de recolección de residuos para identificar agentes patógenos en el aire. Encontró que la colocación de los residuos en bolsas disminuía el número de bacterias en el aire y que existía la posibilidad de difundir las bacterias a otras partes del hospital mediante los ductos de recolección de basuras. Otras investigaciones en el Centro Médico de la Universidad de Virginia Occidental (Burchinal y Wallace 1971, Smith 1970, Trigg 1971, Wallace 1972) mostraron que los organismos patógenos pueden estar presentes en los residuos hospitalarios sólidos en concentraciones elevadas, particularmente si existe un sustrato orgánico. En un estudio la cuenta de coliformes oscila desde menos de 1g de residuos en algunos puntos hasta 8.6 g de residuos en otros sitios.

Los estreptococos fecales oscilaron desde menos de 1g hasta 8g de residuo. Los estafilococos desde menos de 2g hasta 7.1g de residuo. *Cándida albicans* desde menos de 2g hasta 3.8g. *Pseudomona sp.* desde menos de 2g hasta 8.4g y las esporas desde menos de 1.5 hasta 3.9g. Trigg (1971) también encontró un número significativo de microorganismos de origen humano, lo cual sugiere la presencia de bacterias patógenas virulentas y de virus en los residuos hospitalarios sólidos en cantidades indeterminadas. Los bacilos *sp.* representaron entre el 80-90% de todos los microbios observados, constituyendo los estafilococos y estreptococos entre el 5-10% cada uno de ellos. Los estafilococos dorados fueron los microorganismos patógenos más frecuentes en los residuos infecciosos. Los microorganismos formadores de bacterias no estuvieron presentes en una cantidad tal, capaz de constituir un riesgo. En los sitios en donde se separan los residuos infecciosos del resto de los residuos, en los desechos generales se encontraron mucho menos organismos patógenos, que en aquellos sitios en donde éstos no se clasifican. Los sitios generadores de residuos altamente contaminados con coliformes fecales fueron las unidades de cuidados intensivos y pediatría. Los estudios de sobrevivencia de los virus indican que casi todos los materiales encontrados en los residuos sólidos pueden ser vehículos para transmisión de virus (Burchinal y Wallace, 1971; Wallace 1972). Varios tipos de residuos fueron contaminados con virus para establecer el tiempo y tasa de recuperación. Se utilizaron para inoculación cepas de Viruela, Polio I, Coxsackie e Influenza. El papel y los tejidos de algodón mantuvieron activos a los virus por periodos relativamente prolongados de 5 a 8 días. La titulación de los virus decreció a un ritmo constante con el paso del tiempo, lo cual significa que estos agentes infecciosos pierden su viabilidad después de su incubación.

Antes de los años 80, la mayoría de los hospitales de EUA utilizaban el relleno sanitario como el procedimiento para la eliminación de los residuos infecciosos. La ley que en la actualidad prohíbe este método, tomando como base la premisa de que la eliminación de estos residuos en los rellenos sanitarios representa un problema para la salud pública. La justificación citada para apoyar esta ley fue la transmisión de estas enfermedades por contacto directo, por vectores biológicos y por contaminación aérea e hídrica.

Con el fin de disponer de criterios útiles para establecer las condiciones adecuadas para el tratamiento mediante esterilización de los residuos hospitalarios resulta indispensable formular una clasificación de niveles de riesgo de los agentes infecciosos. La recomendación de este organismo internacional, es que cada país diseñe su propia clasificación de grupo de riesgo en función de los agentes infecciosos identificados en cada país, de acuerdo a los siguientes factores:

1. Patogenicidad de los agentes infecciosos

2. Modos de transmisión y variedad de los posibles huéspedes.

Este factor está influenciado por los niveles existentes de inmunidad, densidad, desplazamientos de la población, presencia de vectores apropiados y nivel de la higiene ambiental.

3. Disponibilidad de medidas preventivas efectivas. Entre tales medidas se incluyen la profilaxis por vacunación o antisuero, las medidas sanitarias, el control de los reservorios animales y vectores, los desplazamientos de las personas, animales, y la importación de animales o productos de animales infectados.

También recomienda que al utilizar estos criterios de clasificación se tomen en cuenta las condiciones que prevalecen en el área geográfica en donde existen estos microorganismos microbiológicos. Por lo que respecta a los laboratorios, conviene aclarar que en nuestro país prácticamente no existen laboratorios de máxima contención, es decir de máximo riesgo individual, comunitario y ambiental, de allí que los agentes de mayor riesgo y los más comunes correspondan a los grupos de riesgo II y III. Si se revisan los agentes de mayor prevalencia en nuestro país, se encontrará que los agentes más comunes se encuentran dentro de estas categorías.

Sin embargo, en el ámbito internacional se han expresado voces autorizadas en contra de la opinión de que los residuos hospitalarios representan un riesgo ambiental. Antes de que se aprobaran las leyes correspondientes en la mayoría de los estados de la Unión Americana, el método de elección para la disposición final de los residuos hospitalarios se llevaba a cabo como se mencionó anteriormente en rellenos sanitarios controlados. Con el propósito de dilucidar esta situación se llevaron a cabo diversos estudios (Marriot, 1978) en los cuales se ha sugerido que no existen riesgos para la salud pública y la

seguridad ambiental por la utilización de los rellenos sanitarios, si son adecuadamente operados. Para este propósito se definió que un relleno sanitario correctamente operado era aquél que se encontraba por lo menos a 50 metros de distancia de cualquier lugar al que el público pudiera tener acceso y que estuviese completamente protegido con una malla ciclónica u otro tipo de protección.

También debería estar operado por personal entrenado para cubrir los residuos hospitalarios inmediatamente después de su recepción, debiendo ser responsable de llevar un cuidadoso registro de los sitios de enterramiento de estos residuos. Otros estudios más extensos fueron los realizados por Gordon y Cols (1980) bajo el patrocinio del ejército de los Estados Unidos de América, concluyendo que la disposición final en los rellenos sanitarios aprobados por la EPA constituía un procedimiento seguro, que no representaba ningún riesgo para la salud pública o el ambiente por la contaminación de los mantos freáticos. Esta conclusión se basó en cuatro razones principales :

1. La mayoría de los agentes patógenos son inactivados o destruidos por las altas temperaturas (55°C) y el bajo pH (5.0-5.5), que se generan en el proceso de descomposición de los residuos.

2. Los agentes patógenos capaces de sobrevivir estas condiciones podrían ser retenidos por los residuos y las capas de tierra del relleno sanitario.

3. Los agentes patógenos tienen dificultad para sobrevivir por largos períodos en el lixiviado de los rellenos, porque contienen sales que inactivan a los microorganismos.

4. Cualquier agente patógeno que sobrevive las altas temperaturas, los cambios de pH y la composición química de los lixiviados permanecería confinado dentro del relleno sanitario a causa del suelo relativamente impermeable, que impide la contaminación de los mantos freáticos.

No obstante estos investigadores concluyeron que se necesitaban más estudios para determinar con mayor precisión las siguientes áreas :

- * Tipificación de los agentes patógenos asociados a los residuos hospitalarios.
- * El proceso de producción de la enfermedad.
- * La dinámica de los rellenos sanitarios y sus efectos en los agentes patógenos.
- * Interacción entre los agentes infecciosos hospitalarios y los microbios ambientales.
- * Métodos de muestreo y selección de los organismos que sirvan de indicadores.
- * Técnicas de desinfección.
- * Selección y operación de los sitios para los rellenos sanitarios y monitores de los mantos freáticos.

Como es obvio el tipo de rellenos sanitarios a los cuales se refieren son prácticamente inexistentes en nuestro país y, a diferencia de estos sitios controlados, la eliminación de los residuos infecciosos son los tiraderos a cielo abierto, prácticamente sin ningún control con un número significativo de individuos expuestos. Además existe el riesgo de eliminar en esos sitios microorganismos que tienen formas altamente resistentes como es el caso de los quistes y esporas de alta prevalencia en nuestro medio. Esta situación sería la que está prevaleciendo en un gran número de sitios, pues un gran número de hospitales públicos y privados están eliminando sus residuos potencialmente infecciosos sin ningún tratamiento o procedimiento que evite su dispersión en el ambiente.^{2,3}

3.3. RECOMENDACIONES DE LOS CENTER FOR DISEASE CONTROL, CDC, (CENTROS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES), DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, RESPECTO AL MANEJO DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS.

COMENTARIO:

Los Centros para el Control de las Enfermedades de los Estados Unidos son los organismos responsables de la normatividad, vigilancia y control de los problemas infecciosos en ese país, de allí que sus recomendaciones tengan gran aceptación a nivel internacional. Como en los EUA las autoridades sanitarias y ambientales locales tienen la responsabilidad directa del control de estos residuos, los CDC han emitido estos lineamientos para que las autoridades locales los adapten a sus condiciones particulares. Los CDC han formulado sus recomendaciones en base a categorías, que se han definido en función de la fuerza de las evidencias científicas disponibles. La categoría I es aquella para la cual existen datos

científicos de mayor aceptación, este resultado es de gran importancia porque las medidas tomadas para el control de los residuos implican gastos económicos que requieren estar suficientemente justificados. Uno de los aspectos que tienen que revisarse con gran cuidado son las recomendaciones respecto a los procedimientos de monitoreo biológico, para verificar que la esterilización se ha llevado a cabo correctamente, sobretodo porque en nuestro país es una práctica que rara vez se utiliza.

Descripción:

Es imposible definir a los residuos infecciosos en base a la cantidad y dosis de los agentes etiológicos, el procedimiento más práctico para el manejo de los residuos infecciosos consiste en identificar aquellos residuos que representan un riesgo potencial suficiente de producir alguna infección durante el manejo y eliminación, por lo que se considera prudente tomar medidas de prevención. Los residuos hospitalarios para los cuales es recomendable tomar precauciones son los residuos microbiológicos del laboratorio, residuos patológicos, la sangre y sus derivados. El riesgo de lesión o infección de algunos objetos punzocortantes contaminados con sangre, también deben ser tomados en cuenta al ser eliminados.

Medidas de Control:

Los residuos sólidos de los laboratorios de microbiología pueden ser colocados en bolsas o charolas para esterilización mediante vapor. También pueden ser colocados en bolsas impermeables de plástico y ser incineradas en el hospital. Dependiendo de su consistencia, puede ser suficiente una sola bolsa, y si los residuos pueden colocarse dentro de la bolsa sin contaminar la parte externa; en caso contrario se deberá utilizar bolsa doble. Todos los porta objetos o tubos contaminados con sangre pueden colocarse en recipientes sellados y ser enviados a esterilización mediante vapor o incineración.

Puede ser necesario esterilizar durante 90 minutos a 250° F (121°C), dependiendo el tamaño de la carga y el tipo de envase, a fin de asegurar un ciclo de esterilización. Después de la esterilización los residuos pueden ser manejados con seguridad y eliminados con el resto de los residuos hospitalarios no riesgosos.

Los residuos de patología son habitualmente incinerados en el hospital. Cualquier incinerador hospitalario debe ser capaz de tratar adecuadamente de conformidad con las normas ambientales, los materiales a ser destruidos. La incineración inadecuada de residuos con alto contenido de humedad y bajo poder calorífico, como es el caso de los residuos patológicos, puede traer consigo graves problemas de emisiones.

Los materiales desechables que pueden producir lesiones, como las navajas de los bisturios y las agujas de las jeringas, deben colocarse en envases resistentes a la punción. A menudo es necesario transportar o almacenar los residuos infecciosos dentro del hospital antes de su tratamiento final.^{2,3,14}

3.4. ESQUEMA DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES.

CATEGORÍA I.

Las medidas de esta categoría están fuertemente apoyadas por ensayos clínicos controlados y bien diseñados, que han mostrado su efectividad en la reducción de infecciones nosocomiales, o que son aceptadas como efectivas por la mayoría de los expertos. Las recomendaciones de esta categoría son consideradas como aceptables para la mayoría de los hospitales, independientemente de su tamaño, capacidad y tasas de infecciones endémicas hospitalarias.

CATEGORÍA II.

Las medidas y recomendaciones de esta categoría están apoyadas por estudios definitivos en hospitales de especialidad, que pueden no ser representativos de los hospitales generales. También se incluyen medidas que no se han estudiado de manera suficiente, pero que tiene una fuerte justificación teórica a favor de una probable efectividad. Las recomendaciones de Categoría II se considera que pueden aplicarse en la mayoría de los hospitales.

CATEGORÍA III

Las medidas de la categoría III han sido propuestas por algunos investigadores, autoridades u organizaciones, pero hasta ahora se carece de datos que apoyen una suficiente justificación teórica o una indicación de que los beneficios esperados son convenientes desde el punto de vista de costo-efectividad. Por lo tanto se considera que son aspectos que requieren más estudios. Algunos hospitales pueden adoptarlo, sobre todo si tienen algunos problemas particulares, aunque no se recomiendan para su aplicación generalizada.

IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS

Los residuos microbiológicos del laboratorio, sangre y sus derivados, y los objetos punzocortantes (especialmente las agujas) deben ser considerados como potencialmente infecciosos, manejados y eliminados con precauciones especiales. Categoría II

Los residuos infecciosos de los pacientes bajo aislamiento deben ser manejados y eliminados de conformidad con las disposiciones de los "Guidelines for Isolation Precautions in Hospitals".

MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS.

El personal involucrado en el manejo y eliminación de los residuos infecciosos debe estar informado de los riesgos de seguridad, y haber recibido capacitación en el adecuado manejo y eliminación de estos desechos. Categoría II.

Si no existen instalaciones de tratamiento y eliminación en el sitio de generación (en el laboratorio), los residuos deben ser transportados con seguridad en envases sellados de difícil penetración. Categoría II

Para minimizar los riesgos potenciales de transmisión accidental de enfermedad, o de lesión, los residuos que esperan recibir tratamiento deben ser almacenados en un área a la que únicamente tengan acceso el personal involucrado en el proceso de eliminación de los residuos.

TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS.

Los residuos infecciosos en general, deben ser incinerados o esterilizados mediante autoclave antes de su eliminación en un relleno sanitario. Categoría III.

Las jeringas desechables junto con las agujas, las navajas y otros objetos punzocortantes capaces de producir lesiones, deben ser depositados intactos en un recipiente resistente a las punciones lo más cerca posible de donde son utilizados. No deben ser manipulados manualmente.

Los paquetes sanguíneos, los fluidos succionados, las excreciones y secreciones deben ser cuidadosamente puestas en el drenaje sanitario. Estos drenajes sanitarios también pueden ser utilizados para eliminar otros residuos infecciosos que pueden ser arrojados al drenaje municipal.

MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN.

Siempre que esté indicada la esterilización debe utilizarse la autoclave, a menos que el objeto a ser esterilizado se dañe por el calor, presión o humedad. En tal caso debe de utilizarse otro método aceptable a la esterilización.

MONITOREO BIOLÓGICO DE LOS ESTERILIZADORES

Todos los esterilizadores deben ser monitoreados por lo menos una vez por semana con preparaciones comerciales de esporas aplicables específicamente para cada tipo de esterilizador (Bacillus stearothermophilus) para esterilizadores de vapor, Bacillus subtilis (para óxido de etileno y esterilizadores de calor seco).

Categoría II.

Si las esporas no son destruidas en una prueba rutinaria, el esterilizador debe ser inmediatamente revisado, y la prueba de esporas repetida.

Si la prueba de esporas vuelve a resultar positiva, debe discontinuarse su utilización hasta que sea reparado.^{2, 3, 14}

3.5. PAUTAS DE LA AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA) DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA PARA EL MANEJO Y TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS.

Comentarios:

Se ha considerado pertinente presentar un resumen general de las pautas de la EPA, para el manejo y tratamiento de los residuos infecciosos con el propósito de tener un esquema completo en las unidades que tienen residuos hospitalarios de este tipo, desde el sitio de su generación hasta su eliminación final, incluyendo planes de contingencia y capacitación personal. Estos dos últimos aspectos que a menudo se pasan por alto en un programa integral de manejo de residuos hospitalarios, son de especial interés para la correcta aplicación de las técnicas de utilización.

Además los procedimientos y material que se utiliza para el empaquetamiento de los residuos tienen una relación directa con la técnica de esterilización, puesto que a ciertos materiales o la compactación de los paquetes impiden la penetración del vapor, dificultando por lo tanto que se lleve a cabo una esterilización completa. En este sentido las pautas de la EPA resultan de gran importancia porque refleja la experiencia de muchas instituciones y su producto de estudio llevado a cabo en este propósito. En tal sentido destaca el análisis de la EPA sobre las bolsas de plástico, pues mientras que una parte resulta de gran utilidad, por otra son muy difíciles de tratar. Así por una parte se requiere que las bolsas de plástico tengan una gran resistencia para evitar derrames o escurrimientos; sin embargo, entre más resistente es la bolsa resulta más difícil la esterilización por la dificultad existente para la penetración del vapor y la expulsión del aire. También resultan de gran importancia las recomendaciones y lineamientos de la EPA para lograr una adecuada esterilización mediante vapor a presión. Para su adecuado aprovechamiento deberán formar parte de los manuales de procedimientos, que habrán de ser utilizados por el personal responsable de supervisar y operar los equipos de esterilización. También es importante tomar en cuenta los lineamientos de la EPA porque recomienda el tipo de tratamiento según el tipo de los residuos.

Descripción:

Los objetivos de un adecuado programa de manejo de residuos infecciosos consisten en proteger la salud humana y el ambiente. Un manejo apropiado significa que los residuos infecciosos se manejan de conformidad con los procedimientos establecidos desde el momento de su generación hasta su tratamiento (es decir convertirlos en no infecciosos) y eliminación final. Todo plan de manejo de los residuos infecciosos debe incluir los siguientes elementos:

- * Definición de los residuos infecciosos.
- * Manejo de los residuos infecciosos, lo cual incluye:

- Clasificación o Separación.
- Empaquetamiento o Embalaje.
- Almacenamiento.
- Transporte y Manipulación.

Técnicas de Tratamiento.

Eliminación de los Residuos Tratados

Planes de Contingencias.

Entrenamiento del Personal.

Un sistema de manejo de residuos infecciosos no puede ser efectivo, a menos que sean ejecutados de manera integral. Por lo tanto debe haber específicamente una persona responsable de la ejecución del plan. Esta persona no sólo debe tener la responsabilidad, sino la autoridad para garantizar que las disposiciones del plan se cumplen.^{2,3}

MANEJO DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS

La EPA recomienda que en cada establecimiento hospitalario se establezca un plan de manejo de residuos infecciosos. Esta recomendación es congruente con la norma Joint Commission on Accreditation of

Hospitals (JCAH), la cual define un sistema para "manejar con seguridad los materiales y residuos peligrosos".

Además del plan general de manejo de residuos infecciosos, es conveniente especificar instrucciones precisas para los laboratorios clínicos y de investigación, en donde se generan residuos infecciosos.

1.- Definición de Residuos Infecciosos.

El primer paso en un plan de manejo de residuos hospitalarios consiste en especificar cuáles residuos habrán de considerarse como infecciosos. La EPA ha designado seis categorías como "residuos infecciosos". Sin embargo deben evaluarse otras posibles categorías tomando en consideración las características de cada hospital.

2.- Clasificación o Separación.

Los residuos infecciosos deben ser separados del resto de los desechos hospitalarios, a fin de asegurar que reciban el manejo y tratamiento adecuado. Esta separación también es importante para evitar que el incremento en el costo por el manejo y tratamiento especial de estos residuos, sea aplicado a los residuos no infecciosos.

Los residuos infecciosos deben ser separados de los residuos generales en el sitio de su generación (es decir, en el sitio en que el material se convierte en residuo). Esta acción se realiza mejor por aquellos que generan los residuos, y por lo tanto son los mejores calificados para determinar los riesgos asociados a los residuos. Deben tomarse precauciones para los residuos con riesgos múltiples. Los residuos infecciosos deben desecharse directamente en recipientes o bolsas de plástico claramente identificables y diferenciables de los residuos generales. Los recipientes y bolsas deben estar marcados con el símbolo universal de riesgo biológico. Generalmente se utilizan bolsas de color rojo o naranja para identificar los residuos infecciosos.

3.- Empaquetado de los Residuos Infecciosos.

Los residuos infecciosos deben ser empaquetados a fin de proteger a los manejadores de los residuos, a la población en general y al ambiente de la exposición a estos residuos. Los residuos deben ser aislados desde su punto de origen, y aun cuando no son infecciosos.

Por lo tanto debe mantenerse la integridad del paquete a lo largo del manejo, almacenamiento, transporte y tratamiento. La selección del tipo de bolsa o empaquetado debe tomar en cuenta los siguientes factores:

Tipo de Residuo.

Características del Manejo y Transporte.

Técnica de Tratamiento.

Consideraciones Especiales para las Bolsas de Plástico.

Identificación de los Paquetes.

Tipo de Residuos.

El empaquetado debe ser apropiado al tipo de residuos. Por ejemplo, los residuos infecciosos líquidos deben ser colocados en botellas o frascos perfectamente cerrados, en el caso de grandes cantidades de residuos líquidos puede utilizarse un tanque. Los residuos sólidos o semisólidos, como son los residuos patológicos, restos de animales y de laboratorio pueden colocarse en bolsas de plástico.

Manejo y Transporte de los Residuos Empacados antes de Recibir Tratamiento

Si los residuos son desplazados, dentro del establecimiento para recibir tratamiento o para ser almacenados, las bolsas sencillas de plástico pueden resultar inadecuadas. En caso necesario pueden utilizarse bolsas dobles. Una opción es colocar bolsas sencillas dentro de un recipiente rígido. Cuando se transfieren de lugar los residuos infecciosos en bolsas de plástico, debe tenerse cuidado de que no se rompan. Por ejemplo, las bolsas de plástico con los residuos infecciosos no deben ser transportados por medio de un ducto descendente. Una buena práctica para el manejo de las bolsas de plástico, incluye la carga manual, el transporte del contenedor cargado para minimizar la manipulación, y la colocación de las bolsas de plástico dentro de los recipientes rígidos o semirígidos antes de la manipulación y el transporte.

Cuando los residuos infecciosos son transportados a otras instalaciones para tratamiento, las bolsas de plástico sencillas o dobles, deben colocarse dentro de recipientes rígidos o semirígidos, para mantener la integridad de los paquetes y prevenir fugas. Los recipientes reciclados (como los barriles de plástico), deben ser desinfectados después de cada uso. Los recipientes desechables generalmente son destruidos, es como parte del mismo proceso de tratamiento.

Los residuos infecciosos no deben ser compactados antes de su tratamiento, porque se pueden dispersar los residuos infecciosos al destruir la integridad de los paquetes. Además la compactación puede interferir con la efectividad del proceso de tratamiento.

Técnicas de Tratamiento.

La incineración requiere por ejemplo, que los recipientes sean combustibles. La esterilización por vapor requiere por el contrario que los materiales del paquete permitan la penetración de vapor y la evacuación del aire. Por lo tanto la técnica del empaquetamiento sencillo puede no ser adecuada para todas las técnicas de tratamiento. Por ejemplo, las bolsas para autoclave que típicamente son construidas con plásticos de alta densidad pueden impedir el tratamiento efectivo, atrapando aire dentro de las bolsas e impidiendo la penetración del vapor. Esto impide que los residuos alcancen las temperaturas necesarias para un adecuado tratamiento. La interferencia con el proceso de tratamiento también puede resultar del tipo de plástico utilizado.

La sustitución con plásticos de baja densidad facilitará la penetración del vapor y la evacuación del aire de la carga. Sin embargo cuando se utilizan bolsas de baja densidad, deben ser colocadas dentro de recipientes resistentes al calor para asegurar el resguardo de los residuos durante el proceso de esterilización por vapor.

Consideraciones Especiales sobre las Bolsas de Plástico. Existen diversos tipos de bolsas para contener los residuos infecciosos están determinadas, por las materias primas utilizadas en su manufactura, y las especificaciones en su producción.

Habitualmente se toman en cuenta dos criterios diferentes para juzgar la idoneidad de una bolsa de plástico: Su grosor y su durabilidad, según se evalúa por la prueba del dardo ASTM (American Society for Testing and Materials. ASTM Standard No. D 1709-75 Philadelphia, Penn. 1975). Estas normas han sido incorporadas de manera separada en las legislaciones estatales. Por ejemplo, las normas de Massachusetts especifican el grosor de la bolsa; en cambio normas de California exigen la prueba del dardo. La consideración importante es la selección de bolsas de plástico resistentes a la rasgadura, capaces de mantener su integridad (por lo menos hasta que el residuo haya sido tratado) y de esa manera evitar la dispersión de los residuos infecciosos hacia el ambiente.

La ruptura de las bolsas puede reducirse por diversas medidas, como utilizar bolsas resistentes a las rasgaduras, no introducir objetos punzocortantes, no sobrecargar las bolsas más allá de su capacidad y aplicar un cuidado especial durante la manipulación para evitar que las bolsas entren en contacto con objetos punzocortantes externos. Otra técnica es la utilización de doble bolsa. Por razones estéticas se prefiere el plástico opaco para empacar ciertos residuos infecciosos, como los llamados de carácter patológico.

Identificación de los Paquetes con Residuos Infecciosos.

Los residuos infecciosos empacados deben ser fácilmente identificables. Esto puede lograrse utilizando los colores distintivos, rojo y anaranjado, que indican la presencia de material bioriesgoso. Otra opción consiste en utilizar el símbolo universal de bioriesgo en todos los paquetes y recipientes.

El sistema de identificación debe incluir letreros claros que indican los riesgos presentes en los residuos.

4.- Almacenamiento de los Residuos Infecciosos.

Aunque es recomendable tratar los residuos infecciosos tan pronto como sea posible después de su generación, no siempre es posible efectuar su tratamiento el mismo día. Por ejemplo el equipo de tratamiento puede no estar disponible por insuficiente capacidad, mal funcionamiento o falta de personal.

Hay cuatro factores que deben ser tomados en cuenta respecto al almacenamiento de los residuos infecciosos:

- La integridad de los paquetes.
- La temperatura del área de almacenamiento.
- La duración del almacenamiento.
- Localización y diseño del área de almacenamiento.

Además de que los paquetes resistan el tiempo de almacenamiento, deben mantener alejados a los roedores e insectos que pueden actuar como vectores en la transmisión de la enfermedad. Conforme aumenta la temperatura, se incrementa el ritmo de crecimiento bacteriano y de la putrefacción. Esto produce olores desagradables, que se asocian típicamente a la materia orgánica en descomposición. No existe unanimidad en las opiniones respecto a las temperaturas y tiempos óptimos de almacenamiento. Sin embargo en algunos estados los requisitos de almacenamiento se establecen en función de tiempo y temperatura. Por ejemplo en California se establece un máximo de cuatro días de almacenamiento a temperaturas superiores a los 32°F. En Massachusetts se permite que los residuos sean almacenados por un solo día a temperatura ambiente (64°-77°F) o durante tres días bajo refrigeración (34°-45°F). La EPA recomienda que la duración del almacenamiento sea lo más breve posible.

El área de almacenamiento debe ser especialmente diseñada para este propósito y deberá ubicarse próxima al sitio de tratamiento, solo debe permitirse la entrada a personal autorizado, también debe estar libre de roedores e insectos y con el símbolo universal de bioriesgo ubicado estratégicamente.

5.- Transporte de residuos Infecciosos (Dentro y fuera del Establecimiento)

Hay dos factores relevantes que deben tomarse en cuenta para asegurar un transporte seguro dentro y fuera de los establecimientos hospitalarios; se requiere un adecuado empaquetamiento para asegurar el confinamiento de los residuos y no se deben utilizar aparatos mecánicos para transferir o cargar los residuos infecciosos, para evitar la ruptura de los paquetes. Los "carritos" deben ser adecuados para transferir los residuos dentro del establecimiento y no deben utilizarse para otros fines antes de ser descontaminados. Durante la transportación fuera de los establecimientos hospitalarios, los residuos deben ser transportados en contenedores o vehículos cerrados a prueba de escurrimientos, para prevenir la dispersión y escurrimiento de los residuos durante el transporte. La EPA no considera el vehículo de transporte como un sistema rígido, sino más bien exclusivamente como un mecanismo de transporte. Por lo tanto, todos los residuos infecciosos deben ser colocados en recipientes rígidos o semirígidos y a prueba de escurrimientos antes de ser cargados en el vehículo.

6.- Tratamiento de Residuos Infecciosos.

Como la integridad de los paquetes no puede asegurarse durante las operaciones del relleno sanitario, puede producirse una dispersión de los agentes infecciosos en el ambiente. Por lo tanto para asegurar la protección ambiental, la EPA recomienda que todos los residuos infecciosos sean tratados antes de la eliminación final.

El término tratamiento significa "cualquier método, técnica o proceso capaz de cambiar el carácter biológico o composición de los residuos". El propósito de tratar los residuos infecciosos es reducir los riesgos asociados a la presencia de los agentes infecciosos. Para que un tratamiento sea efectivo tiene que eliminar o reducir los agentes patógenos presentes en los residuos, de modo que no representen un riesgo para los individuos y el ambiente.

7.- Eliminación de residuos infecciosos.

Los residuos infecciosos tratados adecuadamente no representan un riesgo biológico y pueden ser mezclados y eliminados con los residuos generales. Los residuos tratados pueden ser eliminados en el drenaje, el cuál puede ser también una opción para unos residuos sólidos tratados (residuos patológicos) que pueden ser triturados y eliminados en el drenaje. Sin embargo estos procedimientos están sujetos a la autoridad local.

8.- Planes de Contingencias.

Es importante que las medidas sean seleccionadas de una manera expedita, de tal forma que puedan implementarse tan pronto como se requieran. El plan debe incluir aunque no debe limitarse, a procedimientos que deben aplicarse en las siguientes eventualidades:

Derrames de residuos infecciosos líquidos: Procedimientos de limpieza, protección del personal y eliminación de los residuos derramados.

Ruptura de las bolsas de plástico: Procedimientos de limpieza y protección del personal, así como reempaquetamiento de los residuos.

Falla de los equipos: Preparativos para otros medios de almacenamiento y tratamiento.

9.- Capacitación de Personal.

Los establecimientos que genera residuos infecciosos deben proporcionar la capacitación respectiva a sus empleados.

Esta capacitación debe incluir una explicación del plan de manejo de estos residuos, y de la asignación de las funciones y responsabilidades para el cumplimiento del plan. En los programas de capacitación deben implementarse:

Cuando los programas se implantan por primera vez.

Cuando se contratan nuevos empleados.

Cuando se modifican los programas de manejo de los residuos.

La educación continua es también parte importante de la capacitación del personal; sirve además para mantener alerta al personal sobre los riesgos potenciales de estos residuos y para fortalecer las políticas para el manejo de estos residuos.^{2, 3, 14}

3.6. MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS

El propósito de tratar los residuos infecciosos es modificar sus características biológicas, a fin de reducir o eliminar su capacidad de producir enfermedad y afectar el ambiente. Los establecimientos hospitalarios que realizan el tratamiento de estos residuos deben normar estos procedimientos, los cuales deben incluir los límites de operación aceptables, tomando en cuenta los factores que afectan el proceso de tratamiento.

3.6.1. ESTERILIZACIÓN DE VAPOR.

En esta se utiliza vapor saturado dentro de una cámara a presión a una temperatura suficiente para destruir los agentes infecciosos presentes en los residuos. El tratamiento mediante vapor es en función de tiempo y temperatura; por lo tanto es esencial que la carga completa de residuos se exponga a la temperatura necesaria durante un periodo determinado de tiempo. El calentamiento de los recipientes y de los residuos generalmente va por atrás del calentamiento de la cámara. En el proceso de esterilización por vapor, la descontaminación de los residuos se lleva a cabo primordialmente por la penetración de calor. La conducción del calor produce una fuente secundaria de transferencia de calor. Por lo tanto para un tratamiento efectivo y eficiente, el grado de penetración del vapor es el factor crítico para que el vapor penetre la carga de los residuos, el aire debe ser completamente evacuado de la cámara de tratamiento. La presencia de aire residual dentro de la cámara de esterilización puede impedir una esterilización efectiva por las siguientes razones:

Reducción de la última temperatura posible del vapor, independientemente del vapor.

Variaciones de la temperatura a través de la cámara.

Prolongación del tiempo necesario para alcanzar la máxima temperatura.

Inhibición de la penetración del vapor a los materiales porosos.

Los factores que pueden producir un desplazamiento incompleto del aire incluyen: La utilización de plásticos resistentes al calor (que pueden excluir el vapor o atrapar aire), el uso de recipientes profundos (que pueden impedir la expulsión del aire del fondo del recipiente), y un procedimiento de carga

inadecuado (que puede evitar la libre circulación del vapor dentro de la cámara). Los principales factores que deben ser considerados cuando se tratan los residuos hospitalarios mediante esterilización al vapor son:

Tipo de residuos.

Método de empaquetamiento y recipientes.

Volumen de la carga de residuos y su configuración dentro de la cámara.

a) Tipo de residuos.

Los residuos infecciosos de baja densidad (como los plásticos) son más aptos para la esterilización. Los residuos de alta densidad como son las partes corporales y grandes cantidades de residuos animales y líquidos inhiben la penetración directa del vapor y requieren tiempos más prolongados de esterilización, por lo que en tales instancias deben considerarse otras alternativas de esterilización.

b) Empaquetamiento y Recipientes

Se utiliza una amplia variedad de recipientes en la esterilización a vapor incluyendo bolsas de plástico, recipientes de metal, botella y frascos. Con respecto a las bolsas de plástico hay que tener en cuenta su grosor y su idoneidad para tratamiento mediante vapor. Algunas bolsas se distribuyen comercialmente como esterilizables, es decir son resistentes al calor y no se deshacen. Estas bolsas están fabricadas con polietileno de alta densidad y por lo tanto dificultan la penetración del vapor a la carga de residuos. Las bolsas de plástico termolabil permiten la penetración del tratamiento a vapor, pero se deshacen y se funden durante el tratamiento a vapor. Cuando se utilizan estas bolsas deben ser colocadas dentro de otro envase estable que permita la penetración del vapor. Es una buena práctica colocar las bolsas de plástico dentro de otro envase rígido, para evitar que los residuos se derramen. Para facilitar la penetración del vapor, las bolsas deben estar abiertas y las tapas de las botellas deben aflojarse inmediatamente antes de la esterilización.

c) Volumen y Configuración de la Carga de Residuos.

El volumen de los residuos es un factor importante en la esterilización mediante vapor, ya que es difícil alcanzar temperaturas esterilizables en las cargas voluminosas. Es más conveniente esterilizar una gran cantidad de residuos en dos cargas pequeñas que en una sola de grandes dimensiones. Muchos residuos infecciosos, que contienen otros residuos riesgosos, no deben esterilizarse mediante vapor, debido a los riesgos de exposición a sustancias tóxicas y radioactivas. Los residuos infecciosos que no pueden ser esterilizados al vapor incluyen aquellos que contiene fármacos, antineoplásticos y sustancias químicas tóxicas, que pueden volatilizarse a causa del vapor.

Las personas responsables de estas tareas deben ser entrenadas en las técnicas adecuadas para minimizar la exposición a estos riesgos. Estas técnicas incluyen el uso de equipo apropiado, para la minimización de la producción de aerosoles y la prevención de derrames durante la carga del esterilizador.

Debe utilizarse un termómetro para asegurarse de que se ha alcanzado suficiente temperatura durante el tiempo adecuado. Todos los esterilizadores a vapor deben ser rutinariamente inspeccionados y ajustados. Este proceso de esterilización debe ser monitoreado periódicamente para garantizar, que se siguen los procedimientos adecuados y que el equipo funciona normalmente. La Farmacopea de los Estados Unidos recomienda la utilización del *Bacillus stearothermophilus* como indicador de esterilización. Cualquier otro indicador que se utilice deberá monitorear adecuadamente tiempo y temperatura de exposición.²

3.6.2 INACTIVACIÓN TÉRMICA (CALOR SECO).

Incluye métodos de tratamiento que utilizan transferencia de calor para crear condiciones que reduzcan la presencia de agentes infecciosos en los residuos. Generalmente este procedimiento tiene aplicaciones industriales. Cuando se aplica a los residuos sólidos, estos son calentados en un horno generalmente activado por electricidad. Como el calor seco es menos eficiente que el vapor, se requieren períodos más largos o temperaturas más altas. Un ciclo típico de esterilización mediante calor seco es de 320° a 338° F durante dos a cuatro horas.

Habitualmente los excesivos requerimientos de energía y tiempo excluyen este tipo de tratamiento para los residuos infecciosos sólidos.²

3.6.3. ESTERILIZACIÓN MEDIANTE GAS/VAPOR.

Es una opción que puede ser usada para tratar algunos residuos infecciosos. En este método el agente esterilizante es un producto químico gaseoso o vaporizado. Los dos compuestos químicos más utilizados son el óxido de etileno y el formaldehído. Existen evidencias sustanciales de que ambos compuestos son probables cancerígenos humanos. Por lo tanto cuando se considera la esterilización mediante gas/vapor, el riesgo del tratamiento en sí debe ser comparado con los beneficios resultantes del tratamiento.

El gas de óxido de etileno se utiliza a menudo para esterilizar insumos y equipo termolábiles, pero a causa de su propia toxicidad y porque existen otras opciones, no se recomienda el óxido de etileno para el tratamiento de los residuos infecciosos. Tanto con el óxido de etileno como con el formaldehído, existen riesgos adicionales de exposición después de que se ha completado el tratamiento. El óxido de etileno es absorbido por los materiales porosos y el formaldehído habitualmente forma un residuo. Ambos fenómenos producen una liberación continua de gases durante periodos sustanciales después del tratamiento.²

3.6.4. ESTERILIZACIÓN MEDIANTE IRRADIACIÓN.

Una tecnología innovadora para el tratamiento de los residuos infecciosos se refiere al uso de las radiaciones ionizantes; su aplicación a los residuos infecciosos se ha derivado de las experiencias en la irradiación de los suministros y componentes médicos, alimentos y otros productos de consumo. Las ventajas de este método son:

Bajo consumo de electricidad.

No se requiere vapor.

No hay calor residual en los residuos tratados.

Alta eficiencia del método.

Las desventajas principales de las instalaciones para irradiación de residuos son:

Alto costo de capital.

Personal de operación y apoyo altamente capacitado.

Amplias instalaciones.

Eliminación final de la fuente de residuos radioactivos.

MONITOREO.

Un enfoque apropiado para determinar la efectividad de un proceso de tratamiento es el uso de indicadores biológicos. Estos indicadores son productos estandarizados, que se utilizan rutinariamente para demostrar la efectividad del proceso de tratamiento. Actualmente se acepta la utilización de esporas de una cepa resistente de una especie particular de bacterias para probar cada tratamiento específico. Este es el procedimiento que recomienda la Farmacopea de los Estados Unidos de América para monitorear la efectividad de la esterilización mediante vapor, incineración e inactivación térmica (calor seco).

Existen otros indicadores, que proporcionan datos instantáneos que generalmente son por un cambio de color inducido químicamente, e indican que se ha alcanzado determinada temperatura. Sin embargo estos indicadores no son adecuados para monitorear el proceso de esterilización. Por ejemplo en el tratamiento mediante vapor, los residuos deben estar expuestos a determinadas temperaturas por lo menos durante un período mínimo de tiempo a fin de lograr la esterilización.

Es indispensable que los indicadores sean adecuadamente colocados dentro de la carga de residuos de modo que ellos indiquen con precisión el efecto del tratamiento de toda la carga. Por lo tanto para asegurar un monitoreo adecuado, los indicadores biológicos deben ser distribuidos a lo largo de la carga. El monitoreo es indispensable para el desarrollo de procedimientos estandarizados de operación de cada

técnica de tratamiento y para verificar que cada método es efectivo. El monitoreo también contribuye a elevar la eficiencia del proceso, al reducir el tratamiento excesivo o innecesario, ahorrando tiempo y energía, así como reduciendo el daño a los materiales. El monitoreo sistemático subsecuente ayuda a demostrar que el equipo funciona adecuadamente y que la esterilización se ha llevado a cabo.²

3.6.5 MÉTODOS DE TRATAMIENTO RECOMENDADOS PARA CADA CATEGORÍA DE RESIDUOS.

Estas recomendaciones reflejan las prácticas actuales y se basan exclusivamente en la eficacia y factibilidad del tratamiento. Debe tenerse en cuenta que estas recomendaciones no excluyen la utilización de otros métodos de tratamiento efectivo.

En algunos estados de la Unión Americana se permite como método de disposición final el confinamiento en relleno sanitario de los residuos infecciosos, en otros está prohibido. La EPA recomienda que solamente los residuos infecciosos tratados sean depositados en los rellenos sanitarios. Hay que considerar que si los residuos no son infecciosos, pueden ser tratados como cualquier residuo. Si las leyes estatales permiten que los residuos infecciosos sean depositados en rellenos sanitarios, la EPA recomienda que solamente se utilicen rellenos sanitarios bien controlados.

a) Residuos de Pacientes en Aislamiento

Los pacientes en aislamiento generalmente tienen enfermedades de tal severidad y contagiosidad que requieren requisitos especiales. Para proteger a la población en general y el ambiente de los patógenos presentes en tales residuos, se recomienda que éstos sean esterilizados o incinerados.

b) Cultivos de Agentes Infecciosos y Productos Biológicos Asociados.

Los cultivos de agentes infecciosos, las cajas de cultivo y los dispositivos para transferir, inocular y mezclar cultivos constituyen riesgos particulares, ya que los organismos patógenos se encuentran en grandes concentraciones. Por lo tanto tales residuos deben ser esterilizados antes de ser eliminados. La esterilización por vapor es el método de tratamiento preferido porque es el más simple y el más efectivo. Más aún como las autoclaves están presentes en la mayoría de los laboratorios clínicos y microbiológicos, la esterilización por vapor puede llevarse a cabo en el laboratorio mismo. La descontaminación química también puede ser una alternativa de tratamiento, pero cuando se utilizan grandes volúmenes de desinfectantes, entonces surge el problema de la eliminación de tales desinfectantes.

c) Sangre Humana y sus Derivados

Como resulta impráctico analizar todas las muestras de sangre para determinar la presencia de todos los patógenos posibles, es prudente manejar todas las muestras de sangre y sus derivados como residuos infecciosos. Se recomienda la esterilización por vapor o la incineración. Además pueden descargarse en el drenaje sanitario para su tratamiento en la planta municipal, en el supuesto de que tal planta de tratamiento exista.

d) Residuos Patológicos.

Además de los riesgos de los residuos patológicos, otras circunstancias pueden afectar el manejo de tales residuos. Por razones estéticas, las partes identificables del cuerpo humano no deben ser depositadas en los rellenos sanitarios, sino que deben ser incineradas. En el caso de pequeñas partes u órganos pequeños pueden ser esterilizados, triturados y finalmente descargados en el drenaje.

e) Objetos Punzocortantes Contaminados.

Hay que considerar dos factores al establecer los procedimientos para el manejo, tratamiento y eliminación de los objetos punzocortantes contaminados. El riesgo de transmisión de enfermedad y lesión física. Todos los objetos punzocortantes al ser desechados deben colocarse en envases rígidos resistentes a la punción para evitar heridas. No se recomienda la destrucción de las agujas contaminadas porque puede

producirse un aerosol infeccioso. Tanto la incineración como la esterilización son métodos aceptables para tratar estos objetos.

f) Restos de Animales.

El manejo de los restos de animales expuestos intencionalmente a agentes patógenos, es similar al manejo de residuos patológicos. La incineración de estos residuos sirve para tratarlos y destruirlos. La esterilización por vapor, seguido por la trituración y descarga en el drenaje es otro método adecuado; sin embargo se requieren ciclos de tratamiento muy prolongados. La esterilización mediante vapor tiene aplicaciones limitadas debido al tamaño de los restos de los animales y a los largos tiempos de tratamiento requeridos.

g) Residuos Diversos.

Los siguientes métodos de tratamiento se recomiendan siempre que uno o más de los siguientes residuos se consideren contaminados:

Los residuos contaminados de cirugía y autopsia deben ser tratados mediante incineración o esterilización.

Los residuos de laboratorio contaminados pueden ser esterilizados o incinerados.

Los residuos de la unidad de diálisis pueden ser tratados también por cualquiera de estos métodos.

En algunos casos el equipo contaminado y las partes de los equipos pueden ser tratados por incineración o esterilización; en algunas situaciones pueden esterilizarse mediante gases.^{2,3}

TIPOS DE RESIDUOS MÉDICOS , MÉTODOS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN FINAL RECOMENDADOS POR EL CDC Y LA EPA DE LOS E.E.U.U.

Con fines ilustrativos se muestra un cuadro comparativo con los métodos de tratamiento recomendados por el CDC y la EPA, que pueden servir de guía para que las instituciones sanitarias examinen cual se ajusta mejor a sus posibilidades.^{2,3}

TABLA 19. TIPOS DE RESIDUOS MÉDICOS , MÉTODOS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN FINAL RECOMENDADOS POR EL CDC Y LA EPA DE LOS E.E.U.U.

Fuente y Tipo	CDC	EPA
Microbiológicos	Est./Inc.	Est./Inc./Inact.Term
Sangre y sus derivados.	Est./Inc. Drenaje	Est./Inc/Drenaje. Desinfectante Químico
Residuos Patológicos	Inc.	Inc./Est + Inc/Crem. o Enterramiento.
Objetos Punzocortantes	Est./Inc	Est./ Inc
Aislamiento de enfermos infecc.		Est./Inc.
Restos de Animales Contaminados.	Est./Inc.	Inc./Est. + Inc.
Residuos Contaminados de Laboratorio.		Est. + Inc/Est./Inc.
Residuos de Cirugía y Autopsia.		Est. + Inc/Est./Inc.
Diálisis		Est.+ Inc/Est./Inc.
Equipo Contaminado		Est. + Inc./Est. Con Gas

CDC: Centers for Disease; Control. EPA: Environmental Protection Agency.; Est: Esterilización mediante vapor a presión; Inc: Incineración; Crem: Cremación; Est+Inc: Esterilización más Incineración.^{2,3}

3.6.6 PAUTAS PARA EL MANEJO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS CLÍNICOS Y OTROS RESIDUOS SIMILARES EN AUSTRALIA.

Las pautas del gobierno federal de Australia representan otro punto de consulta interesante porque orientan al manejo integral de los residuos hospitalarios incluyendo un tratamiento final. Dos aspectos resultan de particular interés en estos lineamientos, primero que cada fuente generadora de los residuos es responsable de su eliminación y segundo que para tal propósito se debe elaborar un plan de manejo integral.

Los residuos clínicos y residuos similares se definen como los residuos que se generan en las actividades de atención médica, enfermería, odontología, veterinaria y prácticas similares, así como los residuos generados en los hospitales en actividades de atención a los pacientes o en proyectos de investigación biomédica.

La mayoría de estos residuos proceden de los hospitales. Aunque no todos los residuos hospitalarios son peligrosos, sí constituyen un problema para su manejo, almacenamiento, transporte y eliminación final, debido a su elevado volumen y a que pueden producir daños a los individuos y al ambiente.

Los lineamientos aquí propuestos no suprimen las normas estatales o territoriales en vigor, sino que tienen como propósito desarrollar una estrategia y política nacional para el manejo de estos residuos.

Estrategia para el Manejo de los Residuos.

El establecimiento o generador individual de los residuos es el responsable del manejo seguro de los residuos clínicos y residuos similares. Por lo tanto todo establecimiento generador de estos residuos debe formular una estrategia integral para el manejo de estos residuos. Esta debe garantizar que todos los residuos sean eliminados con seguridad, sobre todo los de tipo radioactivo, citotóxicos e infeccioso.

Los residuos incluidos en estas pautas son los siguientes: Objetos Puncocortantes, Residuos Infecciosos, Tejidos Humanos, Residuos Citotóxicos, Residuos Farmacéuticos, Residuos Químicos, Residuos Radioactivos, Residuos Plásticos. Se incluyen los residuos plásticos en virtud de sus grandes volúmenes producidos.

Manejo y Almacenamiento de Residuos.

En el desarrollo de una estrategia de residuos peligrosos, deben identificarse los tipos de residuos y clasificarse. La minimización de los residuos, es decir la reducción del volumen global, debe ser un proceso continuo. La clasificación y minimización de los residuos clínicos y similares constituyen aspectos básicos de seguridad para los manejadores, el personal de servicio y mantenimiento, la población general y el ambiente. Para lograr lo anterior deben tomarse en cuenta los siguientes elementos:

Estandarizar el proceso de manejo y almacenamiento de los residuos.

Reducir el volumen de residuos que requieren cuidados especiales, es decir separar los residuos riesgosos de los no riesgosos.

Sustitución de residuos riesgosos por no riesgosos.

Adecuado empaquetamiento y etiquetado de los diferentes tipos de residuos, a fin de reducir trabajo posterior y reducir los costos.

La segregación de los residuos potencialmente riesgosos, del resto de los residuos en el sitio donde se generan, es el punto clave de una eliminación adecuada de los desechos hospitalarios.

Las instalaciones para almacenamiento deben ser seguras e higiénicas. Estos factores deben ser tomados en cuenta desde la estrategia y diseño de los hospitales. Aunque la compactación es un buen método para los desechos en los rellenos sanitarios, no es aplicable a los residuos infecciosos.

Como hasta la fecha existe una amplia variedad de bolsas para la eliminación de los residuos hospitalarios; evidentemente esto hace surgir la posibilidad de que muchas de ellas no sean apropiadas para estos propósitos. Para los residuos infecciosos se proponen bolsas amarillas con el símbolo internacional de biorriesgo en color negro. Para los residuos citotóxicos las bolsas son moradas con el símbolo de citotoxicidad (una célula en telofase), y para los residuos radioactivos las bolsas de color rojo con el símbolo internacional de radioactividad de color negro.

Transporte de los Residuos.

La estrategia institucional de eliminación de residuos debe incluir los procedimientos para la transferencia interna y para el transporte exterior, si es aplicable. La transferencia interna generalmente se efectúa mediante carritos de mano desde el sitio de generación hasta un área de acopio o hasta el incinerador local. Este equipo de transporte debe ser claramente identificado, limpiado con regularidad y utilizado exclusivamente para este fin.

El personal encargado de estas tareas debe disponer del equipo y vestido de protección adecuados. No se recomiendan ductos de desecho (chutes) por razones de higiene y seguridad, y no deben incorporarse en el diseño de los nuevos hospitales. El transporte externo de estos residuos requiere normas específicas, que deben ser observadas por todo el personal empleado en ello, y deben ajustarse a las disposiciones oficiales. En el caso de Australia se refiere al Australian Code for the Transport of Dangerous goods by Road and Rail. Es recomendable que los vehículos utilizados para estos residuos sean exclusivos para ello. Deben ser fácilmente cargados, limpiados y debe de contarse con procedimientos de emergencia en caso de accidente.^{2,3,14}

MÉTODOS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN FINAL.

La mayoría de los residuos biomédicos en Australia se eliminan mediante incineración o en rellenos sanitarios. En ciertos casos la esterilización es un procedimiento aceptable para que los residuos infecciosos puedan ser eliminados en los rellenos sanitarios. En este caso el equipo utilizado es la autoclave y consiste en calentar los residuos mediante vapor a presión. Sin embargo puede haber problemas serios debido al gran volumen y densidad de estos materiales. En tal caso puede no ocurrir una penetración completa del vapor a la temperatura adecuada, y por lo tanto que los residuos no se esterilicen. En la mayoría de los casos no se requiere que haya una esterilización completa; un tratamiento a alta temperatura por un período breve destruye todas las bacterias en fase vegetativa y otros microorganismos potencialmente riesgosos. No se pueden utilizar las bolsas convencionales porque son termolábiles y pueden derretirse. También las bolsas deben incluir un indicador, como una cinta para autoclave, para mostrar que han sido sometidas a un adecuado tratamiento de calor. El proceso completo es bastante tedioso, si los volúmenes de residuos son muy grandes. Las autoclaves que se utilizan rutinariamente para esterilizar residuos deben ser probadas por lo menos anualmente para asegurar que se mantiene un funcionamiento adecuado.^{2,3,14}

3.6.7 CRITERIOS INTERNACIONALES SOBRE LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE BIOSEGURIDAD EN EL LABORATORIO EN RELACIÓN CON LA ELIMINACIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS MICROBIOLÓGICOS

El término descontaminación se utiliza en lugar de esterilización y desinfección, porque en algunas circunstancias puede no ser necesario o posible efectuar la esterilización. Por otra parte la desinfección, entendida como la destrucción de los agentes patógenos, frecuentemente falla debido a la deficiente aplicación de sus técnicas y a la falta de comprensión de sus principios básicos.

El propósito de la descontaminación es que dejen de ser infecciosos todos los cultivos y materiales residuales, de tal manera que puedan ser eliminados de una manera segura en los desechos municipales o el drenaje público. En la actualidad se ha superado la antigua práctica de arrojar todos los cultivos y materiales desechados en un recipiente con desinfectantes preparados en alguna fecha incierta, y de concentración desconocida, dejándolos allí por un período indeterminado, arrojándolo finalmente al drenaje.

En principio todos los materiales residuales deben ser esterilizados (autoclave) antes de que salgan del laboratorio.

Después de ser esterilizados pueden ser incinerados, aunque está no puede ser tomada como un procedimiento alterno, a menos que el incinerador esté bajo un estricto control de laboratorio.^{2,3}

AUTOCLAVES.

Se debe tener cuidado en la selección de estos costosos equipos. Hay que tomar con imparcialidad los anuncios comerciales y las opiniones de individuos que en realidad nunca los utilizan. Es más conveniente tomar en cuenta a los microbiólogos en activo que tienen experiencia con los diversos tipos de modelos. Para la descontaminación efectiva de los cultivos y equipo, se requieren autoclaves de "carga mixta", y no esterilizadores para equipo o instrumentos. Las autoclaves utilizadas para los materiales desechados no deben utilizarse para los medios de cultivo, ya que éstos pueden requerir un tratamiento completamente diferente. La selección de las autoclaves puede oscilar entre un solo aparato grande y sofisticado, dos o más sencillos y pequeños. Entre más sofisticado es un aparato, más frecuentemente requiere mantenimiento. Si un equipo queda fuera de servicio se trastorna el trabajo de laboratorio, puede provocar el almacenamiento de residuos infecciosos bajo condiciones inadecuadas y alteraciones en la eliminación final de los residuos.

El aspecto más relevante de las autoclaves es que la carga alcance los 121°C en un tiempo breve. Cuando la temperatura es menor de 100°C existe la posibilidad de que muchos microorganismos sobrevivan. Las autoclaves deben ser probadas frecuentemente colocando termocuples en diferentes puntos de la carga. Las autoclaves no deben ser cargadas en exceso. Aun los aparatos más eficientes no son capaces de esterilizar una carga que es empacada tan fuertemente que no puede penetrar el vapor y el aire no puede ser expulsado.

Los recipientes para esterilizar los cultivos desechados pueden ser metálicos o de plástico termorresistentes, pero no deben ocupar el mayor espacio de la cámara. No deben tener más de 25 cm de profundidad, de modo que el vapor pueda penetrar fácilmente su contenido. Este no debe ser compactado y deben removerse las tapas de todos los recipientes y esterilizarse junto con toda la carga. Si se utilizan bolsas para autoclave deben estar sostenidas en recipientes rígidos, ya que si están llenas de objetos pueden quemarse y producir una grave contaminación. Durante el transporte las bolsas deben permanecer cerradas con cintas de plástico, y aunque las indicaciones comerciales señalen que son penetrables por el vapor, deben ser abiertas al momento de la esterilización.

Condiciones de Bioseguridad en Relación con el Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH) en base a las Recomendaciones de los Centers for Disease Control y la American Hospital Association.

Los retrovirus, como es el caso del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), son muy susceptibles a los desinfectantes comunes como los alcoholes, fenol, hipoclorito de sodio y glutaraldehído. El VIH es también temolabil y el virus en el plasma es inactivado por calentamiento a 56°C. La exposición de los materiales contaminados al óxido de etileno, o al vapor a presión de acuerdo a los protocolos de aplicación produce esterilización. Como regla general cualquier equipo contaminado o instrumentos que puedan resistir el tratamiento deben ser esterilizados. Los broncoscopios, gastroscopios y otros instrumentos ópticos deben ser esterilizados con óxido de etileno, o bien ser desinfectados exhaustivamente con un agente que también sea micobactericida. La inmersión en glutaraldehído al 2% durante 45 minutos es suficiente.

Todos los objetos visiblemente contaminados deben considerarse como residuo potencialmente infeccioso, y debe ser eliminado como tal situación amerita. Debe utilizarse una bolsa impermeable de un color preestablecido. Las jeringas y las agujas usadas deben considerarse como infecciosos y deberán ser colocados en envases desechables rígidos a prueba de punción. Las agujas usadas no deben ser manipuladas. Por lo que respecta a las salas quirúrgicas, todos los residuos sólidos, líquidos, ropas e instrumentos deben considerarse como contaminados, y colocarse en bolsas impermeables de color rojo, debiendo ser eliminadas como corresponde a los residuos infecciosos.²

CAPÍTULO IV

DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS HOSPITALARIOS Y LA TECNOLOGÍA PARA LA ESTERILIZACIÓN QUE DEBE ADOPTAR MÉXICO.

Las tecnologías de esterilización mediante vapor a presión tiene una amplia difusión en el ámbito mundial, existiendo fabricantes nacionales que la producen, aunque tienen que importar diversos componentes de precisión, por ejemplo, para el registro y control de la temperatura y la presión. Las autoclaves de alta tecnología, que cuentan con un elevado grado de automatización y capacidad de producir el alto vacío, no se producen en nuestro país. En los hospitales visitados predominaron las autoclaves de desplazamiento descendente o por gravedad con una capacidad limitada, con un bajo nivel de tecnología y en muchos casos con muchos años de uso.

En particular es recomendable que estas instituciones adquieran equipos de alto vacío por dos razones primordiales, primero para aumentar la capacidad de esterilización ya que son más veloces que las autoclaves convencionales, y segundo para facilitar la esterilización de los residuos.

Requisitos Técnicos.

La capacitación del personal, el monitoreo y el servicio de mantenimiento, son condiciones básicas para lograr un adecuado control de la esterilización. Aunque en todos los establecimientos médicos, existe personal capacitado en microbiología y que conoce los principios básicos de la esterilización por autoclave, no obstante se carece de experiencia en la utilización de esta tecnología para su aplicación a los residuos hospitalarios. Es fundamental para las instituciones reguladoras, garantizar que esta capacitación específica se lleve a cabo, si se pretende utilizar este método para el tratamiento de los residuos infecciosos.

En el caso de la esterilización, el monitoreo en realidad debe de formar parte de la operación rutinaria del equipo, aspecto en el cual difiere de la incineración. Cuando los residuos son incinerados, las evidencias del tratamiento son los gases y las cenizas generados por la transformación de los residuos sólidos. Por el contrario, la única evidencia de que la esterilización se ha llevado a cabo es mediante el monitoreo biológico, ya que la composición física de los residuos no se altera. El monitoreo debe tener una regularidad determinada ajustándose a los lineamientos específicos de control de calidad y certificación por parte de la autoridad competente. De acuerdo con la normatividad deben existir evidencias documentales, de los resultados de monitoreo llevado a cabo por el personal designado para tal función por las propias autoridades hospitalarias, utilizando para ello indicadores biológicos. Es pertinente hacer hincapié en que el monitoreo debe ser biológico y que los indicadores químicos o físicos son recomendables para pruebas piloto, pero no para demostrar que la esterilización ha ocurrido efectivamente.

Los indicadores químicos disponibles comercialmente, indican la esterilización mediante el cambio de color, o mediante el cambio de sólido a líquido. Sin embargo, estos indicadores están sujetos a imprecisiones, por ejemplo, si se produce el fenómeno de supercalor, el registro de temperatura aparecerá correcto, aunque la esterilización no ocurre, porque al sobrecalentarse el vapor no actúa como tal sino como aire sobrecalentado. Aunque todos los tipos de indicadores comerciales están siendo mejorados constantemente, el único medio verdadero y aceptable es el de tipo biológico. El indicador biológico está generalmente diseñado para dejar un margen de seguridad, para el proceso de esterilización. Un organismo de prueba es aquel que es varias veces más resistente al proceso de esterilización y empleado en la mayoría de los organismos presentes por contaminación natural, como son los organismos

patógenos. De esa manera, ajustando el nivel de contaminación por el organismo de prueba, se obtiene un margen de seguridad, que asegure la esterilidad del producto a ser esterilizado, si se respetan los parámetros prescritos de esterilización. Para garantizar aún más está, los indicadores se colocan estratégicamente en sitios difíciles de esterilizar.

Únicamente los organismos vivos pueden determinar las verdaderas relaciones de los parámetros físicos y químicos necesarios para llevar a cabo la esterilización. Esto se debe a que estos indicadores son incapaces de monitorear todo el espectro de parámetros que interrelacionan tiempo, temperatura, concentración de humedad, sustancias químicas y dosis de radiación. Por lo tanto, se acepta que en el arte de la esterilización las pruebas biológicas son las más precisas.

Es indispensable que los medios de cultivo que contienen los bacilos sean adecuadamente colocados dentro de la carga de residuos de modo que ellos indiquen con precisión el efecto del tratamiento de toda la carga. Por lo tanto, para asegurar un monitoreo adecuado, los indicadores biológicos deben ser distribuidos a lo largo de la carga. El monitoreo es indispensable para el desarrollo de procedimientos estandarizados de operación de cada técnica de tratamiento para verificar que cada método es efectivo. El monitoreo también contribuye a elevar la eficiencia del proceso, al reducir el tratamiento excesivo o innecesario, ahorrando tiempo y energía, así como reduciendo el daño a los materiales. El monitoreo sistemático subsecuente, ayuda a demostrar que el equipo funciona adecuadamente y que la esterilización se ha llevado a cabo. Las recomendaciones de la USCD United States Center for Disease para llevar a cabo una esterilización correcta son las siguientes:

a) Todos los esterilizadores deben ser monitoreados por lo menos una vez por semana con preparaciones comerciales de esporas aplicables específicamente para cada tipo de esterilizador (*Bacillus stearothermophilus* para esterilizadores de vapor y *Bacillus subtilis* para óxido de etileno y esterilizadores de calor seco).

b) Si las esporas no son destruidas en una prueba rutinaria, el esterilizador debe ser inmediatamente revisado, y la prueba de esporas repetida.

c) Si la prueba de esporas vuelve a resultar positiva, debe discontinuarse su utilización hasta que sea reparado. El monitoreo debe tener una regularidad determinada, ajustándose a los lineamientos específicos de control de calidad y de certificación por parte de la autoridad competente. ²

4.1 ESPECIFICACIONES, CONDICIONES Y REQUISITOS PARA LLEVAR A CABO LA ESTERILIZACIÓN MEDIANTE VAPOR A PRESIÓN.

Equipo: Se puede utilizar un autoclave del tipo de desplazamiento descendente, pero preferentemente de alto vacío, ya que tienen más velocidad y permiten esterilizar mayores cargas bajo condiciones reales de operación. Los esterilizadores para residuos deben ser del tipo de carga "mixta" a diferencia de los esterilizadores para equipo médico que tienen una aplicación más limitada.

Condiciones de Operación:

Debe garantizarse que la carga de los residuos alcance los 121°C en un tiempo breve. La temperatura del ducto de salida en donde está colocado el termómetro es irrelevante, ya que en ese lugar se alcanza la temperatura antes indicada que dentro de la carga de residuos, y por lo tanto, es garantía que se haya cumplido este parámetro. Para cerciorarse de que se ha alcanzado esa temperatura, deberán colocarse termocouples en diferentes partes de la carga. Es necesario verificar que no existan fugas de aire a fin de alcanzar la presión especificada y extraer completamente el aire. Las autoclaves no deben saturarse con residuos pues esto impide el flujo de vapor y la salida del aire. Esto es muy importante pues ni los aparatos más eficientes pueden llevar a cabo una esterilización completa si la carga de residuos es muy compacta.

Los paquetes o bolsas deberán de estar abiertos para permitir la penetración del vapor, sobre todo cuando se utilizan bolsas termorresistentes; si se utilizan bolsas termolábiles deberán colocarse dentro de un recipiente de metal para evitar el derrame de los residuos. En particular para los esterilizadores de alto vacío se recomienda que el prevacío sea de 15 mm de Hg de presión absoluta antes de la admisión de vapor. Esta fase no debe durar más de 4 minutos. La admisión de vapor debe efectuarse

inmediatamente después verificando que penetre toda la carga de residuos hasta que se establezca la temperatura deseada, es decir 15 minutos a 121°C, o bien a 135°C durante 3 minutos. Sin embargo, esta recomendación deberá probarse según cada tipo de carga de residuos.

Monitoreo.

El monitoreo de la esterilización se llevará a cabo mediante indicadores biológicos (*B. stearothermophilus*). Los indicadores de carácter químico no se consideran confiables para verificar que la esterilización ha sido efectiva. Tampoco basta la lectura de la temperatura y presión de los controles, puesto que estos registros se refieren a las condiciones del esterilizador y no al interior de la carga de residuos. El monitoreo deberá llevarse a cabo de manera sistemática al menos una vez por semana o siempre que se introduzcan modificaciones significativas a la composición o volúmenes de residuos tratados.

Condiciones para una Efectiva Operación.

Los resultados de los trabajos de investigación más relevantes, para demostrar las condiciones bajo las cuales la esterilización es más eficiente contra los agentes infecciosos en los residuos hospitalarios, junto con las experiencias y tendencias de la normatividad internacional que sirven de base para determinar las especificaciones y condiciones de operación de las autoclaves.

La esterilización a vapor es efectiva sólo si se aplica adecuadamente. Las principales dificultades para este tipo de esterilización son:

1. - Penetración del vapor a los residuos.
2. - Evacuación (entrainment) y arrastre del aire.
3. - Sobrecalentamiento
4. - Condensación excesiva.

Para superar estas dificultades se requiere conocimiento de su aplicación y de sus principios termodinámicos, también hay que tener en cuenta la correcta preparación y empaquetado de los residuos bajo tratamiento, la cual está influenciada por las siguientes características de la carga a ser esterilizada:

1. - La densidad de la carga. Basta el sentido común para saber que entre más denso sea el paquete, será más difícil que el vapor penetre y que el aire atrapado en su interior sea expulsado.
2. - El tamaño relativo de la carga. Los paquetes grandes únicos contienen una gran cantidad de aire en su interior, de modo que su forma es una "bola de aire" en su interior, a causa de una presión multidireccional del vapor. Conforme aumenta la razón entre el esterilizador y los volúmenes de los paquetes, hay más aire para ser transportado al interior del paquete. Este efecto se nota poco en los sistemas de desplazamiento descendente, pero es muy importante en los procesos al alto vacío.
3. - La posición de la carga dentro del esterilizador. Los materiales próximos al fondo y más cerca de la puerta retienen más aire que aquellos cercanos a la parte superior.
4. - El modo de cargar y colocar el material. Este es un aspecto práctico de gran importancia. Las cargas de residuos deben ser colocadas adecuadamente para una rápida y eficiente extracción de aire, mientras que los recipientes y objetos en general deben colocarse hacia abajo o de lado para permitir mejor la salida de aire y de la humedad condensada.

Como esterilizador de alto vacío, que precisamente está diseñado para expulsar el aire, es más eficiente que una autoclave de desplazamiento descendente, para cargas grandes y relativamente densas, pero ineficiente para pequeñas cargas, puede ser de gran utilidad para tratamiento de residuos hospitalarios. El potencial de esterilizar mayores volúmenes justifica el mayor costo de este equipo. Las principales limitaciones de los esterilizadores altamente automatizados, como ocurre con las autoclaves de alto vacío, son las siguientes:

1. - El problema de potenciales fugas de aire. Si una fuga es difícil de localizar o reparar, puede ocasionar una pérdida importante del tiempo y de la capacidad de esterilización.
2. - El alto costo inicial del esterilizador automático de alta velocidad. El sistema pulsátil es menos costoso, dependiendo del grado de vacío deseado, el sistema de alto vacío requiere una buena bomba de vacío, la cual generalmente es costosa.

3. - Fallas de funcionamiento. Suele ocurrir más problemas con equipo altamente automatizado y cuando ello ocurre las reparaciones tienden a ser más costosas, que con el equipo manual.

4. - Más supercalor. Los esterilizadores al alto vacío con revestimiento interno contra el vapor agravan el efecto del supercalor.

La esterilización mediante vapor a presión sólo es efectiva si el material a ser esterilizado se expone adecuadamente. Las bolsas de plástico con residuo tienen en su interior masas de aire, que retardan la penetración del vapor. Puesto que la bolsa en sí misma constituye una barrera es conveniente añadirle agua antes de la esterilización, a fin de ayudar a expulsar el aire. Puesto que las condiciones estándares de esterilización (121°C a $1.054 \text{ Kg}\cdot\text{cm}^2$) durante 15 minutos pueden no ser suficientes para algunos tipos de residuos, se deben establecer parámetros específicos para esterilizar con efectividad los diferentes tipos de residuos. Se ha encontrado que el contenido de bolsas no derretibles especiales para autoclave no se esterilizan, porque las esporas *Bacillus stearothermophilus* se mantienen viables después de esterilizar durante 20 minutos en las condiciones señaladas. Más aún cabe la posibilidad de destruir las esporas de prueba y que otros microorganismos patógenos sobrevivan a causa de las bolsas de aire y otras barreras. Otro problema es que si se tienen que tratar todos los residuos, entonces se tiene que manejar un número considerable de bolsas pesadas que pueden presentar escurrimientos. Esto crea un serio problema de manejo antes y después de la esterilización. Hay que recordar que habitualmente las autoclaves sólo están disponibles en los laboratorios microbiológicos, y en las áreas de apoyo. Generalmente estas áreas no son adecuadas para grandes volúmenes infecciosos, por lo cual surge la necesidad de adquirir autoclaves de mayor volumen sólo para esos propósitos.

La incineración requiere por ejemplo, que los recipientes sean combustibles; la esterilización por vapor requiere por el contrario que los materiales del paquete permitan la penetración de vapor y la evacuación del aire. Por lo tanto la técnica del empaquetamiento sencillo puede no ser adecuada para todas las técnicas de tratamiento. Por ejemplo, las bolsas para autoclave que típicamente son construidas con plásticos de alta densidad, pueden impedir el tratamiento efectivo, atrapando aire dentro de las bolsas e impidiendo la penetración de vapor. Esto impide que los residuos alcancen las temperaturas necesarias para un adecuado tratamiento. La interferencia con el proceso de tratamiento, también puede resultar del tipo de plástico utilizado. La sustitución con plásticos de baja densidad, facilitara la penetración del vapor y la evacuación del aire de la carga, sin embargo cuando se utilizan bolsas de baja densidad, deben ser colocadas dentro de recipientes resistentes al calor para asegurar el resguardo de los residuos durante el proceso de esterilización por vapor.²

4.2. CONSIDERACIONES ESPECIALES SOBRE LAS BOLSAS DE PLÁSTICO.

Existen diversos tipos de bolsas disponibles. La calidad de una bolsa de plástico y su idoneidad para contener los residuos infecciosos, están determinadas por la materia prima utilizada en su manufactura y las especificaciones en su producción.

Habitualmente se toman en cuenta dos criterios diferentes para juzgar la idoneidad de una bolsa de plástico: Su grosor y su durabilidad, según se evalúa por la prueba del dardo ASTM (American Society for Testing and Materials. ASTM Standard No. 1709-75. Philadelphia, Penn. 1975). Estas normas han sido incorporadas de manera separada en las legislaciones estatales. Por ejemplo, las normas de Massachusetts especifican el grosor de la bolsa; en cambio las normas de California exigen la prueba del dardo. Lo importante es la selección adecuada de bolsas de plástico resistentes a las rasgaduras, capaces de mantener su integridad (por lo menos hasta que el residuo haya sido tratado), y de esa manera evitar la dispersión de los residuos infecciosos hacia el ambiente. Las rasgaduras pueden evitarse utilizando bolsas resistentes, no introduciendo objetos punzocortantes, no sobrecargando las bolsas más allá de su capacidad y aplicando un cuidado especial durante la manipulación, para evitar que las bolsas entren en contacto con objetos punzocortantes externos. Otra técnica es la utilización de doble bolsa. Por razones estéticas se prefiere el plástico opaco para empaquetar ciertos residuos infecciosos, como los de carácter patológico.

En los Estados Unidos de América un número significativo de hospitales, utilizan las autoclaves para tratar los residuos microbiológicos, antes de ser eliminados en los rellenos sanitarios. Cerca de dos tercios de estos hospitales, utilizan la presión - temperatura de 121°C durante 15 minutos. Es importante notar que estos tiempos son adecuados para objetos en contacto directo con el vapor, pero no incluyen el tiempo de penetración del vapor, el cual varía con las condiciones físicas de la carga de residuos. Es evidente que el uso del autoclave para la descontaminación de los residuos microbiológicos debe apoyarse a algún tipo de seguridad de que la esterilización realmente ha sido efectiva. El enfoque más conservador, que proporciona un margen de seguridad requiere el uso de indicadores biológicos dentro de las cargas de residuos microbiológicos. Si se utiliza la destrucción de *Bacillus stearothermophilus*, entonces se requeriría un ciclo de esterilización mínimo de 90 minutos. Seguramente este tiempo se considera como impráctico, ya que en el proceso de tratamiento de los residuos infecciosos, no se pretende eliminar las esporas sino los agentes patógenos. Los datos de investigaciones sugieren que un ciclo de 45 minutos produce la destrucción de bacterias en las cargas de residuos de 4.5 -7.0 kg. cuando se utilizan recipientes de acero inoxidable con o sin agua adicional, o bien recipientes de polipropileno con agua.

La esterilización mediante vapor es confiable si se utilizan periodos de tiempo suficientemente largos, y si se optimizan las condiciones que afectan el proceso (recipiente, bolsa, volumen de los residuos y posiblemente agua). En conclusión es necesario convencer a los responsables de este procedimiento en los hospitales que la descontaminación de los residuos microbiológicos riesgosos mediante vapor a presión es un proceso complejo, ya que modificando sus condiciones se alteran significativamente los resultados térmicos y biológicos. A menos que se cumplan ciertas condiciones específicas mínimas, las bacterias continuaran siendo viables.

Como parámetros mínimos para la esterilización de material quirúrgico, se recomiendan la siguiente relación tiempo-temperatura para esterilización con vapor bajo presión:

15 minutos a 121° C, 1.0545 kg/cm²

10 minutos a 126° C, 1.4060 kg/cm²

3 minutos a 134° C, 1.5768 kg/cm²

Estos periodos de exposición solo relaciona el tiempo en el que el material alcanza la temperatura adecuada y no incluye el periodo de penetración del vapor al material bajo tratamiento, o el calentamiento inicial para alcanzar la temperatura de esterilización. Esta es una aclaración importante porque existe el riesgo de que el personal no suficientemente capacitado, llegue a considerar que el ciclo se inicia con el encendido del equipo. Es necesario que cada establecimiento generador de residuos hospitalarios infecciosos realice pruebas en las que se varíe la composición, presión, temperatura y tiempo en el que se llevará a cabo el tratamiento para poder encontrar las condiciones optimas de funcionamiento que garantice que la esterilización es eficiente.

Requisitos Técnicos

Aunque la evaluación de la efectividad de la esterilización se basa finalmente en el monitoreo biológico, es indispensable vigilar el proceso estableciendo determinados requisitos técnicos, ya que no es posible efectuar el monitoreo de cada carga de residuos; también es conveniente vigilar el proceso de esterilización porque pueden presentarse múltiples variaciones en las cargas de los residuos, capaces de hacer que la esterilización sea incompleta, si la operación de los equipos no es adecuada. La especificación de los requisitos técnicos de operación y la aplicación de un registro de cada tratamiento permitirá disponer de un mecanismo continuo de control.

Monitoreo Biológico

La prueba de esterilidad mediante indicadores biológicos (bacterias termorresistentes *B. stearothermophilus*) constituye el recurso primordial para obtener la aprobación de la utilización de este método, y para demostrar que el procedimiento se esta llevando a cabo adecuadamente. La particularidad de este procedimiento es que debe efectuarse por lo menos una vez al día, ya que los cambios en el personal, la forma de preparar las bolsas de residuos, la composición de los mismos y el manejo del equipo pueden determinar que la esterilización ocasionalmente no sea efectiva. En la mayoría de los casos el cultivo de los *B. stearothermophilus*, se llevará en los propios centros hospitalarios, ya que en su

mayoría disponen de laboratorios clínico: Por esta razón no se considera que una prueba diaria de esterilidad represente una carga excesiva para estos establecimientos, ya que para fines de atención médica realizan un gran número de cultivos de microorganismos. Para este propósito será indispensable que cada establecimiento, designe un profesional con capacitación en microbiología, que sea el responsable de vigilar el proceso y certificarlo personalmente. Estos requisitos deberán ser tomados con sumo cuidado por las instituciones hospitalarias, ya que son los elementos propuestos para determinar si se cumple o no la norma.^{2,3,14}

4.3. PROPOSICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES, CONDICIONES, PROCEDIMIENTOS Y REQUISITOS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN.

Según se ha explicado ampliamente el proceso de esterilización no implica ninguna transformación física o química de los residuos hospitalarios sino simplemente actúa sobre los microorganismos, provocando su muerte mediante diversos procesos bioquímicos. Esta propiedad de la esterilización constituye una de sus principales virtudes y atractivo para alternarla con otros procedimientos. Una vez que los residuos infecciosos son esterilizados, se manejan como el resto de los residuos hospitalarios no peligrosos. Es decir al igual que los residuos domésticos de carácter municipal.

Perfil Técnico del Operador

Según se desprende de la descripción de los principios básicos y tecnologías de esterilización al igual que de las recomendaciones de los Organismos Internacionales, el personal responsable y el de la esterilización debe satisfacer dos requisitos. En primer lugar debe ser un profesional con amplios conocimientos en microbiología, y en segundo lugar haber recibido capacitación en la esterilización de residuos hospitalarios. Estas dos características son de gran importancia para la implementación de la norma, ya que en general en nuestro país el personal responsable del manejo de los residuos es de baja calificación profesional, sin capacitación en la materia.

Esta capacitación debe incluir una explicación del plan de manejo de estos residuos, y de la asignación de las funciones y responsabilidades para el cumplimiento del plan. En los programas de capacitación deben implementarse:

Quando los programas se implementan por primera vez

Quando se contratan nuevos empleados

Quando se modifican los programas de manejo de los residuos

La educación continua es también parte importante de la capacitación del personal; sirve además para mantener alerta al personal sobre todo los riesgos potenciales de estos residuos y para fortalecer las políticas para estos residuos.

Los establecimientos hospitalarios que realizan el tratamiento de estos residuos deben normar estos procedimientos, los cuales deben incluir los límites de operación aceptables, tomando en cuenta los factores que afectan el proceso de tratamiento. El funcionamiento de un equipo con fallas puede dar la impresión de ser adecuado. Tal situación puede ejemplificarse con los problemas más comunes en estos equipos, es decir las fugas. Suele ocurrir que estos problemas son evidentes al operador y se solicita el mantenimiento correctivo; sin embargo en las primeras fases de estos problemas mientras las lecturas de los registros de temperatura y presión aparecen dentro de los parámetros establecidos, estas fallas pueden pasar inadvertidas al operador del equipo.²

4.3.1 ESTERILIZACIÓN MEDIANTE CALOR HÚMEDO.

A una temperatura equivalente de 100°C hay por lo menos 7 veces más calor en base equimolar en el vapor saturado, que en el agua hirviente. Se requerirían tiempos exageradamente prolongados para la destrucción de esporas en agua hirviente; por lo tanto para fines prácticos, este proceso debe considerarse como desinfectante y no como esterilizante. Con un calor latente de evaporación comparado con el aire

caliente en una base equimolar, el vapor saturado a 121°C también proporciona por lo menos 7 veces más calor que el aire seco a la misma temperatura. Sin embargo el tiempo requerido para destruir *B. subtilis* var niger a esa temperatura es de casi dos mil veces más en aire caliente seco que en vapor. El hecho de que el tiempo para esterilizar no sea directamente proporcional a la cantidad de calor disponible, simplemente enfatiza la situación de que diversos mecanismos de respuesta celular se relacionan más con el vapor, que en el calor seco.²

4.3.2. ESTERILIZACIÓN MEDIANTE CALOR SECO.

Existe confusión respecto a la adecuada relación tiempo - temperatura para esterilizar mediante calor seco. La razón de esta confusión es que en la literatura existen numerosos reportes con información variable respecto a una menor tasa de destrucción de esporas por este método en comparación con el calor húmedo. Existen numerosos factores asociados que complican el efecto de la esterilización mediante calor seco. Mientras que la esterilización por vapor se lleva a cabo mediante calor húmedo saturado, el nivel de humedad involucrada en la esterilización por calor seco varía considerablemente. La tasa de muerte de las esporas cambia con la aplicación continua de calor especialmente a temperaturas bajas de calentamiento, a causa de la pérdida de humedad. Sin embargo un cambio brusco en la resistencia a una temperatura de 160°C, arriba de la cual la tasa de mortalidad de las esporas aumenta más rápidamente.

Aunque el mecanismo de destrucción mediante calor seco es un proceso de oxidación, esto no ocurre así en todos los casos puesto que el calor seco es una característica relativa. Aunque se han logrado grandes avances respecto a diversos métodos de esterilización, poco se ha logrado respecto a la esterilización mediante calor seco, a pesar que es uno de los agentes esterilizantes con capacidad de penetración en muchos materiales. Las relaciones tiempo - temperatura mediante aire caliente, sugeridas por Perkins (1977) son las siguientes:

TEMPERATURA	TIEMPO
170°C (340°F)	60 minutos
160°C (320°F)	120 minutos
150°C (300°F)	150 minutos
140°C (285°F)	180 minutos
121°C (250°F)	Durante 12 horas.

Estas temperaturas se refieren al tiempo de exposición después de alcanzar la temperatura específica y no incluyen los períodos de precalentamiento. La disponibilidad del calor tiene un efecto decisivo sobre la eficacia del tratamiento por calor puesto que se relaciona con el nivel de conductividad del aire. Como la mayor cantidad de calor está disponible a partir del vapor, la temperatura necesaria para llevar a cabo la esterilización requeriría niveles de presión imprácticos. De esa manera el agente de elección, el aire no es de ninguna manera el mejor medio de transferencia de energía, pero sí él más barato. La transferencia de calor puede acelerarse moviendo la corriente de calor, ya que una grave limitación de la esterilización por calor seco mediante recursos estáticos es la profunda estratificación, y la falta de difusión y en torno a los materiales relativamente fríos. Los esterilizadores de aire caliente, son calentados generalmente por electricidad y pueden ser diseñados para calentadores subyacentes a una plataforma perforada para proporcionar una corriente natural de convección. Los instrumentos fríos, enfrían el aire de su alrededor. Este aire se mueve en una dirección descendente y el aire en contacto con los calentadores se mueve de manera ascendente, estableciendo así una corriente convectiva. Este tipo de esterilizador son del tipo de convección mecánica, y están provistos de un ventilador de caja de ardilla, accionado por un motor que apoya la circulación del aire, aumentando la transferencia de calor por convección.

El calor seco solamente puede utilizarse para materiales que no pueden esterilizarse mediante vapor, ya que la humedad les provocaría daño o son impermeables. Tales materiales son los aceites, polvos, instrumentos punzocortantes y objetos de vidrio. Es conveniente no sobrecargar un esterilizador de aire

seco con materiales que puedan retardar la convección del calor ya sea por circulación o por absorción de calor. Debe dejarse suficiente espacio entre los materiales para permitir una buena circulación.

Solo deben permitirse las envolturas y otras barreras estrictamente necesarias. Una carga pesada de instrumentos requiere un tiempo extremadamente largo para esterilizarse y la materia orgánica tiende a carbonizarse o a cocerse. La mayor ventaja de la esterilización por calor seco es su capacidad de penetración; no es tan corrosivo como el vapor para los metales y los instrumentos cortantes y no erosiona las superficies de vidrio. Por lo tanto el vidrio puede esterilizarse a temperaturas más altas durante períodos de tiempo más breves. Las desventajas de este procedimiento son las siguientes:

1. - El calentamiento es lento. La difusión y penetración del calor son lentos, debido al hecho de que el medio de transferencia de calor es muy pobre y hay una falta clara de calor disponible comparada con el vapor.

2. - Requiere períodos prolongados de esterilización. La tasa de destrucción por calor seco es lenta y la absorción por calor también es lenta.

3. - Requiere altas temperaturas. Estas temperaturas pueden ser deletéreas para los materiales.

4. - Daño a los materiales. La oxidación puede dañar una gran variedad de materiales. La destrucción de los microorganismos es mediante un proceso de oxidación y que el medio que facilita este efecto, aumenta también sus efectos deletéreos.

5. - Tendencia a la estratificación. Debe superarse una tendencia a la estratificación a lo largo de un amplio intervalo de niveles de temperatura.²

4.3.3. ESTERILIZADORES DE DESPLAZAMIENTO DESCENDENTE (GRAVEDAD).

Los esterilizadores de desplazamiento descendiente o por gravedad aprovechan la diferencia de la densidad del aire en comparación con el vapor desplazando el aire hacia abajo y permitiéndole salir por un ducto en el fondo del esterilizador conforme penetra.

Este esterilizador muestra una puerta de seguridad con barras radiales de seguridad. Un seguro activado por la presión evita la apertura de la puerta, mientras el esterilizador se encuentra a presión.

Estos esterilizadores pueden no tener una coraza contra el vapor. Si no tiene esta camisa de protección, el esterilizador debe estar adecuadamente aislado. La ventaja de la coraza interna es para evitar el exceso de sudor, efectuar una operación más rápida evitando el atraso necesario para calentar toda la masa de metal y hacer un secado más rápido de los materiales húmedos mediante condensación durante el proceso de esterilización. Una desventaja de la coraza interna es que el calor calentado en contacto con las paredes calientes, tiende a mezclarse en mayor grado con el vapor, dificultando así su estratificación y su eficiente expulsión.

La coraza interna también tiende a añadir energía adicional a la cámara de vapor produciendo algún grado de supercalor. En el ejemplo aquí discutido, el vapor penetra a la coraza interna a través de un regulador de presión ajustada a 15 o 17 libras por pulgada cuadrada de presión. En la parte superior del revestimiento se encuentra una válvula de aire y una válvula de seguridad para extraer cualquier exceso de presión. La válvula de seguridad generalmente está ajustada y sellada para desfogar a una presión predeterminada de prueba. La válvula reguladora de la presión se mantiene inyectando vapor al revestimiento interno hasta que todas las superficies expuestas al vapor alcanzan la temperatura del mismo, simultáneamente el aire es expulsado del revestimiento interno junto con la humedad a través del retorno del vapor y de las trampas termostáticas. Cuando el revestimiento ha sido calentado a la presión fijada, el vapor pasa de la coraza o del regulador de presión directamente a la parte posterior de la cámara de esterilización abriendo la válvula de operación. El vapor que penetra choca contra una placa que remueve los depósitos de agua y las condensaciones para evitar la humidificación directa de los materiales. Inmediatamente el vapor asciende porque está caliente y es ligero en comparación con el aire más frío y continúa fluyendo en la parte superior de la cámara de esterilización, desplazando el aire de esa región hacia la puerta relativamente fría donde se condensa para calentar la puerta. La condensación del calor produce una demanda de vapor hasta que la puerta está suficientemente caliente. Eventualmente la tasa de vapor de ingreso supera la que es removida por condensación aumentando la presión de la cámara.

Una vez que el vapor se estratifica arriba del aire, la presión en aumento del vapor empuja al aire hacia el ducto de salida hasta que la trampa del termostato identifica al vapor y se cierra. El termómetro está estratégicamente colocado en la parte más fría de la cámara en el ducto de salida, de modo que le permita señalar la temperatura del vapor de salida del aire y de la mezcla de aire.

De esta forma cuando el termómetro indica 121°C, puede asegurarse que la cámara está a la temperatura adecuada para esterilizar. Sin embargo hay una falacia que debe señalarse. Ni el indicador de presión, ni el termómetro, son enteramente confiables para medir las condiciones apropiadas de esterilización. Aunque el termómetro es el indicador más adecuado de las condiciones más favorables de esterilización, no hay manera de identificar las condiciones adecuadas dentro de los materiales a ser esterilizados. Asumiendo que el termómetro y los manómetros son precisos y después de un período razonable de concordancia entre ellos, de que el medio esterilizante es esencialmente vapor saturado, la práctica habitual es permitir el adecuado tiempo de exposición para permitir la remoción del aire del material tratado y por la latencia térmica asociada al proceso mismo. Esto ha sido resultado de la experiencia y del conocimiento de que un adecuado empaquetamiento producirá las mejores condiciones para la remoción del calor y para el calentamiento de la carga.

La principal ventaja del esterilizador de desplazamiento descendente es su costo inicial relativamente bajo.

Las desventajas principales son las siguientes:

1. - El tiempo de esterilización es prolongado. Dependiendo de la naturaleza del material, se requiere tiempo adicional para extraer el aire y para calentar la carga.
2. - El tiempo necesario para secar una carga también incrementa el tiempo total.
3. - Este incremento de la duración provoca un exceso de exposición al calor y la humedad, lo cual aumenta sus efectos deletéreos.
4. - No existe certeza de que todo el material recibió la exposición adecuada tiempo-temperatura para alcanzar la esterilización.
5. - Un suficiente secado puede favorecer la recontaminación del material en contacto con el ambiente no estéril.
6. - Los esterilizadores de desplazamiento inferior, siempre añaden exceso de calor y humedad a las instalaciones en donde están ubicados.
7. - Debe prestarse cuidados adicionales y capacitación del personal para la adecuada operación de estos esterilizadores.²

4.3.4. ESTERILIZADORES DE VAPOR AL ALTO VACÍO.

Siguiendo las indicaciones de los principales investigadores y el grupo de expertos del Consejo Británico (1959), los principales fabricantes de los Estados Unidos iniciaron la construcción de esterilizadores de vapor al alto vacío siguiendo el esquema desarrollado por Henfry. Al principio del desarrollo de los esterilizadores al alto vacío se tomó en cuenta el fenómeno "carga pequeña". Para evitar este problema, puesto que el fenómeno de "arrastre de aire" depende de la cantidad relativa de aire disponible y puesto que aumentar los niveles de vacío es muy costoso y prolongado, el experimento de Henfry consistió en el "sangrado continuo de vapor". Este sistema permite que un pequeño, pero constante flujo de vapor penetra la cámara durante el vaciado.

El sistema ha demostrado ser muy eficiente, excepto si existen fugas importantes de aire.

El ciclo de alto vacío consiste de los siguientes pasos:

1. - Evacuación. La bomba de vacío, generalmente una bomba rotativa con sello de aceite, o cualquier dispositivo capaz de producir el vacío en un periodo de tiempo razonable. Extrae el aire del esterilizador con ayuda del sangrado de vapor, a través de un condensador colocado entre el esterilizador y la bomba. Se requieren controles adecuados para evitar el reflujó. El prevacío es de 15 mm Hg de presión absoluta (mediante control compensado barométricamente) antes de la admisión de vapor. Esta fase no debe durar más de 4 minutos.

2. - Admisión de vapor. En este momento ocurre el arrastre de aire si existen fugas, o si existe algún aire en la cámara. El vapor debe penetrar inmediatamente toda la carga hasta que se establezca la temperatura deseada.

3. - Tiempo de esterilización a la temperatura definida. La temperatura se mantiene por el tiempo necesario para esterilizar: 15 minutos a 121°C; 3 minutos a 135°C.

4. - Desfogue. El desfogue y el bombeo se efectúan hasta 30-50 mm Hg de presión absoluta para la expulsión del vapor y exceso de humedad, y para el enfriamiento de la carga. Se proporciona un reloj especial para secado adicional, cuando se requiera para mantener el vacío final.

5. - Admisión de aire estéril. Se deja pasar el aire a través de filtros retenedores de bacterias.

6. - Apertura de la puerta.

Las principales ventajas del esterilizador al alto vacío son su velocidad y consecuentemente el hecho de que pueden ser esterilizados mayores volúmenes, que con el esterilizador de desplazamiento descendente. Otra ventaja importante es la disminución del daño a los materiales a causa de menor exposición al calor. Con la automatización completa y confiabilidad de la operación hay un alto grado de certeza de esterilización. Otro aspecto importante es que no hay que prestar tanto cuidado a la forma de empaquetar la carga, de modo que se requiere menos personal entrenado. Además se produce menos calor en el área de trabajo porque los vapores residuales son removidos efectivamente de la cámara.

Al tomar en cuenta la expulsión del aire de carga de ropa del esterilizador de alto vacío, los principales problemas son el fenómeno de pequeña carga y de arrastre de aire para el sistema de desplazamiento descendente, el peor caso es el esterilizador denso y completamente cargado. El sistema pulsátil de vapor funciona entre estos dos extremos, dependiendo del intervalo de presión de los pulsos y el grado de vacío alcanzado. El sistema de pulsos se concentra en la expulsión del aire de los paquetes, más que de la cámara, aunque ambos fenómenos están interrelacionados. El impulso de vapor evita la necesidad de lograr un alto vacío. Por ejemplo, si un equipo bombea hasta 80 mm Hg de presión absoluta durante el flujo continuo de vapor, en este caso el flujo de vapor es mucho mayor que el sangrado de vapor mencionado anteriormente. El vapor saliente durante la evacuación empuja fuera un gran volumen de aire, pero no es arrastrado hacia los paquetes, porque la cámara está evacuando. El arrastre afecta los paquetes durante el pulso de vapor hasta 250 mm Hg. Una evacuación subsecuente bajo flujo continuo de vapor remueve más aire de la cámara y de los paquetes. Cuando en la segunda vez se alcanzan los 80 mm Hg, se ha removido más aire del esterilizador y de los paquetes, que en el esterilizador convencional al alto vacío con menor riesgo de arrastre, excepto en el caso de excesiva fuga en la fase de vaciado. El resto del ciclo es similar al sistema convencional de alto vacío.

Un esterilizador al alto vacío es más eficiente por lo tanto para grandes y densas cargas, y peligrosamente ineficiente para pequeñas cargas. Por el contrario, el esterilizador pulsátil juntamente con el flujo continuo de vapor es altamente eficiente para pequeñas cargas, si el sistema pulsátil es adecuado, pero es menos eficiente para cargas densas. El flujo continuo de vapor tiende a prevenir o reducir el arrastre de aire hacia las cargas.

Esto lleva a reconocer la importancia de monitorear adecuadamente la operación de estos complejos aparatos. Las ventajas de los esterilizadores pulsátiles al vacío son similares a las de los esterilizadores al alto vacío. Además existe la ventaja de minimizar el arrastre de aire hacia el interior de los paquetes y de evitar el efecto de pequeña carga. Además conserva la ventaja de la esterilización automatizada y de alta velocidad, y el sensor de carga indica rápidamente la presencia de aire. Los esterilizadores de alta velocidad dañan menos los materiales que el esterilizador convencional de desplazamiento descendente y el secado más eficiente no solamente reduce el peligro del daño de la humedad, sino que reduce el riesgo de la contaminación subsecuente. El potencial de esterilizar mayores volúmenes justifica el mayor costo de este equipo. Las principales limitaciones de los esterilizadores altamente automatizados son los siguientes:

1. - El problema de potenciales fugas de aire. Si una fuga es difícil de localizar o reparar, puede ocasionar una pérdida importante del tiempo y capacidad de esterilización.

2. - El alto costo inicial del esterilizador automático de alta velocidad. El sistema pulsatil es menos costoso, dependiendo del grado de vacío deseado, el sistema de alto vacío requiere una bomba de vacío costosa.

3. - Problemas de funcionamiento. Suelen ocurrir más problemas con equipo altamente automatizado y cuando ello ocurre las reparaciones tienden a ser más costosas, que con el equipo manual.

4. - Más supercalor. Los esterilizadores al alto vacío con revestimiento interno contra el vapor agravan el efecto del supercalor.

Factores que afectan la destrucción de los microorganismos mediante calor húmedo y a presión.

Existen tres tipos generales de factores que afectan la resistencia térmica.

1. - Resistencia inherente por las propias características Biológicas del Microorganismo.

2. - Factores Ambientales Activos durante el Crecimiento y Formación de las Células y Esporas.

3. - Factores Ambientales durante el tiempo de calentamiento de las Células o Esporas.

La resistencia inherente se ilustra por el hecho de que en el mismo medio y bajo las mismas condiciones de crecimiento, diferentes cepas de la misma especie pueden producir suspensiones de células o esporas con una gran variabilidad en su grado de resistencia. Las influencias ambientales activas durante la formación de las células o las esporas son la edad, temperatura de incubación y composición del medio nutriente. Los factores ambientales activos durante el calentamiento incluyen variables como el pH, la fuerza iónica y el contenido de carbohidratos, proteínas y grasas del sustrato y del sistema coloidal. En general la mayor resistencia térmica está en la zona cercana al punto neutral de $pH=7$. También se ha investigado el efecto de la presión sobre la resistencia bacteriana. Por ejemplo Zobell y Johnson (1949) estudiaron el efecto de 300 a 600 atmósferas sobre el crecimiento y viabilidad de los organismos a 20, 30 y 40°C. Se encontró que aunque entre 20 y 30°C, todas las especies se desarrollaron adecuadamente a una presión normal, la mayoría de las especies no se desarrollaron entre 400 y 500 atmósferas. Sorpresivamente algunas de las especies que no se desarrollaron entre 20 y 30 °C a 600 atmósferas, si se desarrollaron a esta presión cuando la temperatura se aumentó a 40°C. Este efecto recíproco (antagónico) de la presión y temperatura se explica por la acción de estos factores sobre las grandes moléculas de los sistemas biológicos. Los cambios de volumen en las grandes proteínas de las moléculas son mayores. A altas temperaturas la enzima crítica sufre una desnaturalización reversible, que ocurre con un aumento, aún mayor de la reacción. Las presiones elevadas que se oponen al aumento de volumen tienden a retardar la desnaturalización. Los investigadores mencionados concluyeron que "la influencia de la presión en cultivos puros depende en todos los casos de la temperatura".

Dificultades operativas asociadas a la utilización de la autoclave como procedimiento de esterilización.

Es posible que existan algunos riesgos en la utilización de este método. En primer lugar hay que tener en cuenta los múltiples problemas prácticos inherentes a este método. La esterilización mediante vapor a presión sólo es efectiva si el material a ser esterilizado se expone adecuadamente. Las bolsas de plástico, llenas de residuos, tienen bolsas de aire que retardan la penetración del vapor. Puesto que la bolsa en sí misma constituye una barrera es conveniente añadirle agua antes de la esterilización, a fin de ayudar a expulsar el agua. Puesto que las condiciones estándares de esterilización (121°C a 15 libras de presión por pulgada cuadrada) durante 15 minutos pueden no ser suficientes para algunos tipos de residuos, se deben establecer parámetros específicos para esterilizar con efectividad diferentes tipos de residuos. Se ha encontrado que el contenido de bolsas no derretibles especiales de autoclave no se esterilizan, por que se ha encontrado que las esporas de *B. stearothermophilus* se mantienen viables después de esterilizar durante 20 minutos en las condiciones señaladas (Dole 1978). Más aún cabe la posibilidad de destruir las esporas de prueba y que otros microorganismos patógenos sobrevivan a causa de las bolsas de aire y otras barreras. Otro problema es que si se tienen que tratar todos los residuos, entonces se tiene que manejar un gran número de bolsas pesadas, que pueden presentar escurrimientos. Esto crea un serio problema de manejo antes y después de la esterilización. Hay que recordar que habitualmente las autoclaves sólo están disponibles en los laboratorios microbiológicos y en las áreas de apoyo. Generalmente estas áreas no están adecuadas para grandes volúmenes de residuos infecciosos, por lo cual surge la necesidad de adquirir autoclaves de mayor volumen sólo para esos propósitos.²

4.3.5. ESTERILIZACIÓN MEDIANTE RADIACIONES ULTRAVIOLETA.

La energía radiante se divide en dos grupos principales: La corpuscular y la electromagnética. Las radiaciones corpusculares se ejemplifican con corrientes de átomos, electrones y protones. Las radiaciones por ondas electromagnéticas incluyen una amplia gama de radiaciones, que no tienen un efecto biológico apreciable, que incluyen desde rayos infrarrojos o rayos de calor y luz visible, hasta radiaciones UV, rayos X, gama y rayos cósmicos secundarios.

Mientras que la velocidad de las radiaciones corpusculares difiere, las radiaciones electromagnéticas viajan a la misma velocidad de 300,000 km/seg, pero difiere su longitud de onda. Aunque las radiaciones viajan como ondas, se comportan como si fueran producidas y enviadas en minúsculas cantidades de energía llamadas cuanta. Aunque el espectro de las radiaciones UV incluyen un rango de 15 nanómetros, hasta radiaciones que se acercan a la luz visible, la región de mayor interés va de 220 a 300 nanómetros, denominada la región abiótica. Existe una relación en línea recta a lo largo de un gran intervalo de valores cuando se gráfica el porciento de células inhibidas como una función de la dosis de energía. Existe un umbral arriba del cual la inhibición aumenta rápidamente. La efectividad bacteriana máxima se manifiesta alrededor de 265 nanómetros con una declinación abrupta alrededor de los 300 nanómetros y con una disminución progresiva a través del espectro de la luz visible. Diversos factores afectan la sensibilidad de las bacterias a las radiaciones UV, las más importantes son:

1. - pH

2. - La sensibilidad a diferentes niveles del ciclo del crecimiento bacteriano, siendo más evidente su efectividad en la fase de crecimiento logarítmico.

3. - La presencia de esporas, las cuales son dos veces más resistentes que las células vegetativas.

Las aplicaciones prácticas de las radiaciones UV, dependen de la acción destructiva de las radiaciones sobre agentes como las levaduras, mohos, bacterias, micoplasmas y virus. Otros efectos de los rayos UV incluyen aumento en la tasa de mutación, aberraciones cromosómicas y cambios en la viscosidad celular. Los rayos UV afectan procesos vitales como la respiración, excitabilidad y crecimiento.

Los virus, micoplasmas, bacterias y hongos pueden ser destruidas por las radiaciones UV, ya sea que se encuentren suspendidos en el aire, en líquidos o depositados en superficies. Como los rayos UV no penetran los materiales de los residuos hospitalarios no pueden ser esterilizados por este procedimiento. Las aplicaciones más importantes de las radiaciones UV están orientadas a:

1.- Destrucción de los microorganismos suspendidos en el aire.

2.- Inactivación de microorganismos localizados en superficies o suspendidos en líquidos, pero accesibles a los rayos UV.

3.- Protección y desinfección de muchos productos de composición inestable, que no pueden ser tratados por otros métodos convencionales.

El método más práctico para generar radiaciones UV, consiste en pasar una descarga eléctrica a través de mercurio a baja presión encerrada en tubos especiales de vidrio, conocidos comercialmente como lámpara germicida.

La eficiencia operativa de las lámparas germicidas depende de la temperatura circundante y de los movimientos del aire. Las lámparas comerciales generalmente están diseñadas para operar más eficientemente a temperaturas ambientales de 27°C. El enfriamiento de la lámpara antes de los 27°C pasando corrientes de aire por encima o mediante la humidificación con algún líquido. Estas lámparas germicidas reducen su efectividad rápidamente durante las primeras 100 horas de operación; consecuentemente las lámparas comerciales se clasifican como si ya hubieran operado durante 100 horas. Las lámparas deben ser limpiadas periódicamente con una pieza de tela humedecida en alcohol o amoníaco y agua para mantener la máxima emisión de UV.

Un caso de particular interés se refiere a los laboratorios que trabajan agentes infecciosos. Aunque no se refiere directamente a los residuos sólidos si es pertinente mencionar que los agentes infecciosos pueden escapar de los laboratorios y contaminar el ambiente. Existe comercialmente en los Estados Unidos un esterilizador de radiaciones UV para eliminar altas concentraciones de células vegetativas y esporas para pequeños volúmenes de aire. Este equipo se ha utilizado para esterilizar corrientes de aire,

obtenidas de cámaras experimentales que mantienen cultivos aerados o de cámaras diseñadas para estudiar aerosoles bacterianos.²

4.3.6. ESTERILIZACIÓN MEDIANTE RADIACIONES IONIZANTES.

En general la radiación puede clasificarse en dos grupos :

1.- Radiación electromagnética

2.- Radiación por partículas.

Los diversos tipos de radiación ionizante en el espectro electromagnético, producen efectos bactericidas mediante la transferencia de energía de un fotón hacia ionizaciones características dentro o junto a un blanco biológico. Además de crear pares de electrones positivos y negativos, los iones también pueden producir radicales libres y moléculas activadas. Estos efectos que ocurren sin una elevación de la temperatura pueden calificarse como "Esterilización fría", cuando se aplica a la destrucción de los microorganismos.

Radiación electromagnética. Las radiaciones utilizadas para destruir los organismos son los rayos ultravioleta y los rayos gama y X.

Radiación por partículas. Aunque las características de estos dos últimos tipos de radiaciones son similares, se originan de diferente manera. Las emisiones de rayos X desde un átomo ocurren cuando hay una transición de un electrón y una órbita exterior hacia un lugar vacante dentro de la órbita interna, y se produce bombardeando un blanco de metal pesado con electrones en un acelerador construido para ello. La radiación gama es el resultado de una transición de un núcleo atómico de un estado excitado, a un estado estable como sucede con otros materiales radioactivos.

Las partículas habitualmente consideradas en la biología de la radiación son alfa, beta, neutrón, mesón, positrón y neutrino. La única partícula actualmente en uso es la beta o electrón. Las partículas alfa aunque capaces de producir densas ionizaciones tienen escasa capacidad para penetrar; los neutrones están descargados y tienen una gran capacidad de penetración, pero inducen la radioactividad. Los mesones y los protones son producidos únicamente por costosos aparatos de alta energía. Los rayos beta que surgen de desintegraciones radioactivas, son los electrones con una carga negativa única y una baja masa. Las radiaciones beta de una fuente isotópica no pueden penetrar los materiales profundamente, pero los electrones producidos artificialmente (rayos catódicos), pueden ser acelerados a energía extremadamente alta con una subsecuente capacidad de penetración.

Los conceptos de efectos directos e indirectos de las radiaciones ionizantes fueron desarrollados por Lea (1956) y ampliados por Hutchinson y Pollard (1961). La acción de la irradiación ionizante sobre una molécula en contraste con la acción indirecta resultante de la difusión de los radicales producidos en el líquido adyacente. La distancia de la difusión es de alrededor de 40 amstrongs. Por lo tanto se ha observado que los efectos directos de la radiación, sobre los microorganismos son efectivos dentro del organismo y se asocian con los sitios blancos. De algún modo los efectos indirectos están estables dentro del organismo, pero lo inactivan por difusión.

La producción de compuestos como el peróxido de hidrogeno, peróxidos orgánicos y radicales deben afectar la estructura y contenidos de la célula para ser efectivo. Las radiaciones ionizantes son capaces de producir una amplia variedad de efectos físicos y bioquímicos en los microorganismos.⁷

4.3.7 ESTERILIZACIÓN MEDIANTE GASES.

Puede considerarse una técnica relativamente nueva, puesto que ha venido adquiriendo importancia en las dos ultimas décadas. Cada vez más nuevos instrumentos médicos contienen piezas electrónicas, plásticos y otros componentes que pueden dañarse fácilmente, de tal manera que la esterilización por gas ha venido ganando popularidad junto con la autoclave, la cual antes era el método de elección. El óxido de etileno es el responsable por la mayoría de este nuevo y amplio interés en la esterilización mediante gases; sin embargo el formaldehído con antecedentes que se remontan al siglo pasado, aún tiene aplicaciones en el momento actual. Otros compuestos han sido investigados para este propósito, pero no

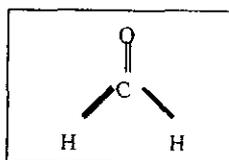
han tenido una amplia aplicación. Probablemente el primer ejemplo, de un procedimiento relativo a la desinfección por gases con bases científicas fue el realizado por Lister, mediante la aspersión de fenol en las salas quirúrgicas para disminuir las infecciones de las mismas. El inicio real de esterilización gaseosa fue al final del siglo XIX mediante la fumigación de las habitaciones hospitalarias después de haber sido ocupadas por pacientes infectocontagiosos. El bióxido de azufre y el cloro fueron los principales gases utilizados al principio para tales propósitos, pero su corrosividad y sus efectos deletéreos sobre los materiales de la habitación, influyeron en la restricción de su utilización, independientemente de su efectividad.

No fue sino hasta 1984 cuando casi simultáneamente varios investigadores demostraron la existencia de un agente adecuado para la fumigación terminal, es decir el vapor de formaldehído. La actividad bactericida del formaldehído había sido establecida algunos años antes, y en las siguientes dos décadas aparecieron cientos de artículos científicos para mejorar su aplicación en la desinfección de los hospitales. La esterilización terminal fue una práctica habitual de salud pública hasta principios de este siglo, no porque se considerará inefectiva sino porque se llevaba a cabo de manera muy deficiente.²

4.3.8 FORMALDEHÍDO.

El gas formaldehído en su forma pura, CH_2O , es estable a altas concentraciones solamente en temperaturas por arriba de 80°C . A temperaturas habituales el gas se polimeriza, condensándose como una película blanca en las superficies, de modo que no se pueden mantener altas concentraciones de gas a temperatura ambiente.

Existen varios tipos de polímeros sólidos de formaldehído, algunos con estructura cíclica como el trioxano, aunque el más común es el formaldehído que tiene una estructura lineal:

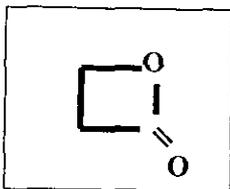


Éste es un compuesto sólido de color blanco, que a temperatura ambiente lentamente despiden formaldehído gaseoso, de modo que posee el mismo olor irritante. Cuando se calienta, entonces se despolimeriza rápidamente despidiendo formaldehído y un poco de vapor de agua. La formalina disponible comercialmente es una solución que contiene algunas sustancias estabilizantes, siendo el metanol al 8 ó al 15% el más utilizado, para evitar la formación de polímeros sólidos, en caso de que la solución sea enfriada o guardada por un largo tiempo. Sólo recientemente el para-aldehído está disponible en forma granular o en polvo. Hasta esas fechas el vapor de formaldehído se generaba hirviendo formalina líquida o mediante atomización. El procedimiento habitual para grandes espacios cerrados, como son los laboratorios consiste en evaporar formalina líquida a una tasa de 0.5 a 1 ml. por cada pie cúbico.

Cuando la humedad relativa es menor del 70%, se añade humedad hasta alcanzar el 100% de humedad relativa. La temperatura se mantiene por lo menos a 20°C o más de preferencia. En una hora o dos las bacterias vegetativas son destruidas, pero el lugar debe mantenerse cerrado por lo menos 12 hrs., si existe una alta concentración de esporas bacterianas. Esta técnica permite la esterilización de las superficies, pero es difícil esterilizar superficies cubiertas o esterilizar completamente materiales porosos. Una desventaja sería en el uso de la formalina es que se requiere una aereación de varios días de duración para remover la película de polímeros que se forman en las superficies que se mantienen despidiendo formaldehído.²

4.3.9 BETA-PROPIOLACTONO.

Un agente esterilizante muy prometedor, que recibió una gran atención a principio de los años 60, pero que no ha logrado mucho éxito a causa de problemas no resueltos de toxicidad, según a las regulaciones relativas a su uso como plaguicida. Éste es el propiolactono, cuya fórmula es la siguiente:



Este compuesto a veces llamado Betaprono o BPL, es un líquido incoloro a temperatura ambiente, se congela a -33.4°C y hierve con descomposición a los 162°C . Su concentración de vapor saturado a 25°C es solamente 8.1mg/l , fue recibido como un sustituto del formaldehído formado a partir de la formalina; por presentar una acción más rápida. Los laboratorios u otros espacios grandes podían ser esterilizados en dos horas en lugar de 12 como ocurría con la formalina. Al igual que la formalina era fácil de ser mantenido dentro del espacio tratado, sin embargo el tiempo de aereación era mucho menor ya que no hay polimerización. La toxicidad aguda y la irritación son mayores que con el formaldehído; no solamente es poderoso irritante, sino un potente lacrimógeno. Sin embargo, el principal motivo de preocupación se originó de los reportes que lo calificaban como un agente carcinogénico, capaz de producir tumores y papilomas en ratones de experimentación, lo cual provocó su prohibición casi generalizada.²

4.3.10 ESTERILIZACIÓN MEDIANTE MICROONDAS (EN EXPERIMENTACIÓN).

Una de las principales dificultades para la utilización de las microondas es que no puede utilizarse para objetos de metal. Sin embargo recientemente científicos del National Institute of Standard en Technology en Gaithersburg, Maryland, EUA, han diseñado un método que permite utilizar objetos de metal con las microondas.

También están bajo estudios los efectos destructivos de la radiación por microondas, sobre los organismos patógenos bajo ciertas circunstancias. Este descubrimiento ocurre cuando los métodos habituales de esterilización están bajo revisión. Hasta el presente las Instituciones Sanitarias utilizan calor seco o vapor para esterilizar el equipo médico. El procedimiento es largo puede durar hasta 2 horas y el equipo es costoso. El vapor puede dañar los equipos médicos y el equipo con piezas de hule presenta dificultades para secarse. El método en desarrollo consiste en colocar los objetos de metal en un envase al vacío parcial. Cuando se somete a las microondas, se forma una plasma de gas que impide la aparición del arco eléctrico en los objetos de metal y destruye los organismos.

La esterilización por este procedimiento es para objetos metálicos y no metálicos. Todo el proceso no tarda más de 30 segundos. Desde hace más de 5 años un hospital de Alemania ha venido utilizando un sistema experimental de microondas para desinfectar los residuos médicos. El procedimiento consiste en desmenuzar, empapar con agua y tratar durante 20 minutos los residuos hospitalarios. Si los residuos están bien saturados, es posible alcanzar elevadas temperaturas capaces de esterilizar los residuos hospitalarios.²

4.4. COSTO-BENEFICIO EN LA APLICACIÓN DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS SOCIALES, COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.

Para estimar los costos sociales de la aplicación de esta norma se requiere identificar primero el número de establecimientos públicos y privados que generan estos residuos, costo de los equipos, costo de su manejo y mantenimiento, así como los posibles gastos indirectos. Según los datos más recientes

identificados en este estudio existen en México alrededor de 11800 unidades médicas en el sector público de las cuales es necesario restar de este análisis aproximadamente a la mitad, es decir aquellas que prestan atención ambulatoria, y por lo tanto no generan residuos peligrosos. En total son alrededor de 6000 unidades médicas de carácter público, más alrededor de 1790 establecimientos privados.

Para fines prácticos haremos referencia a 7800 establecimientos médicos como posibles usuarios de este procedimiento. Considerando que todo establecimiento dispone de un esterilizador, que podría utilizar para el tratamiento de los residuos infecciosos y que los grandes hospitales públicos disponen de la incineración como recurso alternativo, se podría aceptar como una cifra conservadora que un 25% (aproximadamente 2 mil establecimientos) de estas instituciones podría decirse que utilizan este procedimiento y por lo tanto tienen la necesidad de adquirir un esterilizador. Debe tenerse en cuenta que de esta cifra una cuarta parte, correspondería a establecimientos privados y el resto a instituciones públicas. Estos establecimientos tendrían que pagar alrededor de \$2000 para cubrir los gastos del personal responsable de la operación de estos equipos. En el momento actual el precio de un autoclave de fabricación nacional oscila entre 40-50 mil pesos. En resumen el costo social de la aplicación de esta norma podría estimarse de la siguiente manera:

TABLA 20. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS SOCIALES. COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Tipo de Costo	Equipos	Personal	Total (Millones de pesos)
Directo			
Privado	30 (1)	12.0 (2)	42.0
Público			
Hospitales	70 (3)	28.0 (4)	98.0
Monitoreo y Vigilancia.	0.1 (5)		0.1
Indirectos: No ocurre deterioro ambiental por la esterilización		
	...		
Costo Social	100.0	40.1	140.1

(1) 600 autoclaves X \$50,000

(2) 600 establecimientos X 20,000 anuales

(3) 1400 autoclaves X \$ 50,000.00

(4) 1400 establecimientos X 20,000 anuales

(5) 2000 establecimientos X 500.00.²

4.5. ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DERIVADOS DE LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES Y LA CONSIGUIENTE MEJORÍA DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE, EMPLEANDO ALGUNO DE LOS MÉTODOS DESARROLLADOS PARA MONETIZARLOS.

Considerando el carácter riesgoso de los residuos hospitalarios que se deriva de la contaminación con agentes infecciosos, el beneficio potencial que se obtiene de su correcto tratamiento, puede estimarse en función de la posible deducción de los casos de enfermedad, y consecuentemente del ahorro en la atención médica y en el aumento de la productividad. De alrededor de 14 millones de pacientes atendidos al año, aproximadamente 4 millones de casos pueden asociarse a problemas ambientales. Resulta razonable estimar que una cifra mínima del 5% de estos casos podría estar expuestos a estos residuos, lo cual equivale a 2 mil personas. Este número estaría integrado por un número relativamente pequeño de individuos altamente expuestos y un grupo mayor de la población en general.

Si se asume una cifra conservadora de \$100.00 por costos diarios de hospitalización y un mínimo de 3 días de hospitalización más el impacto económico en la productividad con costo mínimo de \$200.00. Esta estimación es de carácter conservador, en el sentido de que los mayores beneficios pueden expresarse de manera monetaria. Otros beneficios de difícil estimación monetaria se refieren por ejemplo, al

mejoramiento del nivel de vida y la estética urbana. En función de lo anterior tendríamos la siguiente estimación del beneficio.^{2,3}

4.6. APLICACIÓN DE LAS TASAS DE INTERESES A LA CORRIENTE ANUALIZADA DE COSTOS Y BENEFICIOS PARA DETERMINAR EL VALOR PRESENTE NETO.

Según los datos presentados en el primer año de la aplicación de la norma, resultaría superior el costo al beneficio.

Esto evidentemente es comprensible ya que implica la inversión en la compra del equipo y la capacitación del personal. En el segundo año este costo se elimina, pero se conserva el pago del personal responsable de la operación del equipo, un gasto mínimo de mantenimiento y se añaden el valor del exceso de costo del primer año con la tasa de interés correspondiente que para fines de este ejercicio se considera del 8.0% a partir de ese año, se obtiene un beneficio de 61.3 el cual se suma a los beneficios del tercer año, más su respectiva tasa de interés, a partir de ese año los beneficios netos aumentan progresivamente, ya que se van añadiendo al beneficio que se obtiene anualmente, incluyendo la tasa de interés anual que tal ganancia permite obtener.^{2,3}

4.7. JUSTIFICACIÓN DE QUE ESTA NORMA OFICIAL MEXICANA ES LA MEDIDA IDÓNEA PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN.

La larga tradición existente en los hospitales respecto a la utilización de las autoclaves como recurso principal para esterilizar equipos y materiales para la atención médica, parece no corresponder a la escasa utilización que de ella se ha hecho para el tratamiento de los residuos. Tal vez el hecho más importante que explique esta situación es que la incineración cumple con la doble función de tratamiento y disposición final; en cambio la esterilización sólo cumple la función de tratamiento, faltando la disposición final de los residuos. Como la incineración puede reducir el volumen de los residuos alrededor del 95%, prácticamente resuelve el problema global de los residuos. Esto ha sido muy importante en los países industrializados con un amplio desarrollo de los servicios privados de salud, que tiene que pagar elevados costos por la recolección, tratamiento y disposición final de sus residuos que son catalogados como peligrosos.

Además hay que considerar que a causa de su estructura los residuos patológicos difícilmente pueden tratarse por esterilización, ya que el vapor no puede penetrar. Más aún, aunque los restos patológicos sean esterilizados, tienen que ser incinerados o enterrados ya que no pueden ser dispuestos junto con los residuos municipales. Como las autoclaves son de capacidad reducida, no pueden ser esterilizados grandes volúmenes; otra dificultad es que si no se toman las debidas precauciones la esterilización puede resultar inefectiva. Las autoclaves modernas de alto vacío pueden ser costosas y requerir mantenimiento especializado con relativa frecuencia, sobre todo en los mecanismos de extracción del aire y por fugas.

En oposición a lo anterior las autoclaves tienen como ventaja principal que no contaminan, ni utilizan sustancias tóxicas. Estas cualidades las colocan necesariamente como una alternativa que tiene que ser considerada para el tratamiento de los residuos sobre todo en áreas críticas a causa de la contaminación atmosférica. A diferencia de la incineración requiere personal menos especializado y necesita menos espacio. En el estudio de campo realizado en 80 hospitales, se encontró que en los hospitales privados la razón expuesta para no tratar los residuos fue la falta de espacio. Si se utiliza la autoclave este problema prácticamente se resuelve.

Otra ventaja adicional del uso del autoclave es que permite tratar los residuos cerca del sitio donde se originan, evitando así los posibles riesgos que se originan en el transporte, almacenamiento y manejo. Por lo tanto la esterilización es una muy buena alternativa para el tratamiento de los agentes altamente patógenos: Este proceso y la incineración, no son en forma excluidos, sino que tiene que combinarse para aprovechar las ventajas de cada uno. Por ejemplo, durante los episodios atmosféricos puede utilizarse la autoclave como recurso de emergencia. En el caso de que el incinerador esté funcionando adecuadamente,

la esterilización puede ser auxiliar muy importante para minimizar los procesos de combustión, y por lo tanto convertirse en un método de control de emisión de compuestos halogenados y orgánicos a la atmósfera proveniente de los residuos hospitalarios.

El costo económico para la adquisición de las autoclaves no representa un problema de magnitud tal que impida su adquisición de parte de los establecimientos hospitalarios. Su costo es muy inferior comparado con el equipo de esterilización. Prueba de ello es que todos estos establecimientos disponen de uno o varios de estos equipos dependiendo de sus necesidades y su capacidad económica. Los precios actuales de los fabricantes nacionales oscilan entre \$35-40 mil pesos en los equipos de capacidades reducidas (100 Kg.) hasta \$ 60 mil pesos en los equipos de mayores dimensiones. AL consultar a los fabricantes no se ha encontrado que se fabriquen en nuestro país autoclave de alto vacío, no se pudo tener información sobre la eficiencia (tiempo, temperatura y presión) de los equipos en función del tamaño de la carga y los resultados de las pruebas de monitoreo biológico. El equipo de importación casi triplica en precio al nacional, pero presenta la ventaja de ser de tecnología más automatizada, y por lo tanto menos sujeta a los errores propios de los operadores.

Sobre la base de las experiencias internacionales los riesgos para la salud humana, el ambiente y a las recomendaciones de los organismos internacionales, el grado de complejidad técnica, los costos de las diversas tecnologías y la disponibilidad del personal técnico capacitado, o en condiciones de capacitarse adecuadamente, no se recomienda la utilización de óxido de etileno o radiaciones.

Tampoco se recomienda otros métodos como la luz ultravioleta por su baja penetración. La falta de estandarización de los parámetros para la utilización del calor seco, hace muy difícil la utilización de este procedimiento.

De las tecnologías disponibles, por razones de carácter económico y técnico la más adecuada para nuestro país es la esterilización por presión a vapor en autoclave, sin excluir que se pudiera utilizar alguna otra, si se dispone de los recursos económicos y se previenen los riesgos al ambiente.

De los diversos tipos de autoclaves es preferible utilizar una de alto vacío por ser de mayor rapidez y capacidad, y porque facilita la penetración del vapor a los paquetes o bolsas de los residuos.

Sin embargo también pueden utilizarse las autoclaves convencionales de desplazamiento descendente, debiendo tenerse cuidado con los problemas relacionados con la expulsión del aire.

En todos los sitios donde se utiliza la esterilización deberán efectuarse las pruebas necesarias para identificar las condiciones adecuadas que garanticen la correcta esterilización (tiempo de exposición, temperatura, presión, forma de empaquetamiento, material de las bolsas o recipientes, cantidad y densidad de los residuos, etc.).^{2,3}

4.8. DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA Y LOS CRITERIOS PROGRAMÁTICOS PARA SU APLICACIÓN.

Los ordenamientos jurídicos que sirven de base para el establecimiento de esta norma son : La Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. En el numeral XXVII del artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico se define a los residuos peligrosos como "todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, explosivos, inflamables, biológico infecciosos, o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente"; obviamente esta definición se aplica a los residuos infecciosos y por ende toda la legislación que para tal propósito ha sido promulgada. El artículo 151 textualmente señala que "La instalación y operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, rehuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos, requerirá de la autorización previa de la Secretaría". El artículo 152 puede considerarse el antecedente directo en cuanto establece que "los materiales y residuos que se definan como peligrosos para el equilibrio ecológico, deberán ser manejados con arreglo a las normas técnicas ecológicas y procedimientos que establezca la Secretaría".

De acuerdo al artículo 171 del capítulo IV de la Ley General del Equilibrio Ecológico se harán acreedoras a sanción, las violaciones a los preceptos de la Ley General del Equilibrio Ecológico, sus reglamentos y disposiciones que de ella emanen, constituyen infracción y serán sancionadas administrativamente por la Secretaría en asuntos de competencia con la federación, no reservados expresamente a otra dependencia, y en los demás casos por las autoridades en las entidades federativas y de los municipios, en el ámbito de sus competencias y conforme a las disposiciones locales que se expidan. Por lo tanto todos los establecimientos generadores de residuos hospitalarios infecciosos deberán apegarse a las disposiciones antes mencionadas, así como a las mencionadas en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Material de Residuos Peligrosos.

Por lo que respecta a las emisiones contaminantes no se aplican las disposiciones del artículo 185 Cap. VI de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera, simplemente porque la esterilización mediante vapor no genera emisiones contaminantes.

Las tres Dependencias del Ejecutivo Federal con participación directa en formulación de esta norma, son las Secretarías de Desarrollo Social (SEDESOL), la Secretaría de Salud (SSA) y la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). A la SEDESOL compete la protección del ambiente, razón por la cual tiene como atribución específica la formulación de las normas y la vigilancia de su cumplimiento respecto a la disposición y tratamiento de estos residuos. A la Secretaría de Salud compete la protección de la Salud Pública, por lo que junto con la SEDESOL tiene competencia directa con la regulación de este tipo de residuos, ya que los seres humanos constituyen el principal grupo en riesgo. En especial se deberá consultar a la S.S.A., en los referente a la Salud Humana con la finalidad de obtener su aceptación de este método y de los procedimientos para demostrar su efectividad. Hay que tomar en cuenta que como esta Secretaría tiene bajo su responsabilidad la regulación de los establecimientos hospitalarios, su colaboración resulta de indudable utilidad para el cumplimiento de esta norma.

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial por su parte tiene competencia directa para la emisión de las normas oficiales y para la regulación de los materiales de fabricación así como el diseño del equipo destinado a la incineración, características hasta el presente no reguladas.

Queda claro por lo tanto que la formulación de esta norma requiere la consulta de las dependencias del ejecutivo anterior señaladas; pero lo más relevante es que esta consulta no sólo debe ser para cubrir el requisito formal de conocer y recibir opiniones sino fundamentalmente para que cada dependencia del ejecutivo en el ámbito de su competencia contribuya al satisfactorio cumplimiento de esta norma. Las características de las autoclaves constituyen una condición importante para garantizar la efectividad del proceso.^{2,3}

CAPÍTULO V

INCINERACIÓN

La incineración puede definirse como el proceso de transformación de los residuos sólidos, mediante la combustión controlada en gases y sólidos no combustibles. Para lograr lo anterior, el tratamiento de residuos mediante la incineración, se debe llevar a cabo en equipos con condiciones de operación controladas, minimizando las emisiones de gases peligrosos y reduciendo a cenizas, la fracción no combustible de los residuos.

Para que el proceso de incineración deje de ser una simple acción de quemado, deben controlarse las tres " T ", o sea las tres variables fundamentales de este proceso: Tiempo de combustión, Turbulencia y Temperatura. El control de estos tres parámetros es indispensable, ya que tienen relación directa con el valor calorífico de los desechos. El tiempo de combustión se controla ajustando la velocidad del flujo de los desechos en la misma cámara y la corriente de aire: La temperatura a su vez depende de la relación estequiométrica del aire con el combustible y su interrelación con el poder calorífico y cantidad de residuos, que puede definirse operativamente según los siguientes factores:

Contenido de humedad. Conforme el contenido de humedad es mayor, se requiere más combustible para destruir los residuos.

Un residuo acuoso con un contenido de humedad mayor del 95% o lodos con menos del 85% de contenidos sólidos se consideran malos candidatos para incineración.

Valor calorífico. La incineración es un proceso térmico de destrucción, mediante el cual los residuos son degradados a formas no putrescibles mediante la aplicación de una fuente de calor. Si los residuos a ser tratados tienen un valor calorífico muy bajo, entonces la incineración constituye un método impráctico de tratamiento. Generalmente los materiales con un valor calorífico menor de 1000 BTU/lb no son viables para la incineración.

Sales inorgánicas. Los materiales ricos en sales inorgánicas alcalinas son problemáticas; una fracción significativa se emite con las emisiones. Además se deposita en las paredes de los hornos produciendo una capa, que afecta severamente el funcionamiento del horno.

El alto contenido de azufre, compuestos halogenados, la presencia de cloruros o sulfuros en un residuo generalmente producirá elementos generadores de ácidos en los gases de salida. El costo que se deriva de la protección del equipo contra el ataque ácido debe ser balanceado, con un costo de otros procedimientos de tratamiento de los residuos.

Residuos radioactivos. A menos que se trate de un incinerador construido específicamente para ese uso, un incinerador convencional no deberá ser utilizado para la destrucción de residuos radioactivos.

El otro aspecto desde el punto de vista ambiental también representa un motivo de preocupación, se refiere al propio proceso de incineración. Al respecto hay dos opiniones que se manifiestan en el sentido de que los contaminantes generados por la contaminación pueden ser de mayor riesgo que los propios residuos hospitalarios.

La preocupación por las emisiones peligrosas derivadas de la incineración se relacionan tanto con los contaminantes químicos y físicos, como la dispersión a la atmósfera de agentes microbiológicos. Además existe no sólo preocupación por las emisiones sino también por las cenizas.

Entre los contaminantes más comunes que pueden medirse en un incinerador se encuentran las partículas de monóxido de carbono, ácidos orgánicos, aldehídos, óxidos de nitrógeno, y los hidrocarburos. Sin embargo una de las principales preocupaciones por las emisiones derivadas de la incineración de los residuos hospitalarios sólidos es su alto contenido de plástico. El polietileno, polipropileno y el cloruro de polivinilo son los insumos hospitalarios desechables. Las investigaciones han identificado numerosos

productos de la combustión de los plásticos; los principales productos de la combustión del polietileno y del polipropileno son el etano, propano y el propileno; el ácido clorhídrico se produce cuando se incinera cloruro de polivinilo. Hay que notar que se producen bajas cantidades de cloruro de vinilo a partir de la combustión de cloruro de polivinilo. El etileno y el propileno son hidrocarburos reactivos que si se emiten en cantidades considerables pueden contribuir a la formación de los oxidantes fotoquímicos. Altas concentraciones de ácido clorhídrico pueden tener efectos deletéreos sobre las plantas, las personas y los materiales. Estudios experimentales sobre residuos ricos en plásticos han permitido identificar otros contaminantes, incluyendo furanos y dioxinas (Doyle B.W.1985). Con el propósito de disponer de factores de emisión para estimar el impacto de la incineración de los residuos hospitalarios en la contaminación atmosférica, Allen, Brenniman y Darling (1986) estudiaron las emisiones de un equipo destinado a la incineración de todos los residuos hospitalarios (infecciosos y no infecciosos), considerados ricos en plásticos. Estos factores son de gran utilidad para estimar las emisiones esperadas, asumiendo que la incineración se conduce correctamente y que todos los residuos hospitalarios (infecciosos y no infecciosos) son tratados por este procedimiento. Hay que tener en cuenta que cuando se incineran únicamente los residuos infecciosos la proporción de plásticos aumenta, y por lo tanto los contaminantes que se derivan de este material. Sobre la base de las observaciones realizadas en los centros hospitalarios estudiados para la formulación de esta norma se puede afirmar que en general los incineradores en operación funcionan inadecuadamente debido fundamentalmente a la falta de personal calificado y de asesoría técnica, lo cual no es estrictamente imputable a las instituciones de salud, sino sobre todo a que en nuestro país ha habido un escaso desarrollo en este campo. En esta categoría se incluyen los fabricantes nacionales, pues en general su trabajo se ha orientado primordialmente a reproducir algunos modelos no muy recientes, sin haber desarrollado la capacitación técnica que estos equipos requieren.

Una de las formas más efectivas para tratar un gran número de residuos a fin de minimizar sus riesgos potenciales y también para convertirlos en formas de energía, es la incineración. Al comparar la incineración (la destrucción de residuos mediante la aplicación de calor) con otras opciones de eliminación final como es el relleno sanitario, las ventajas de la incineración son las siguientes:

El volumen y peso de los residuos se reducen a una fracción de su tamaño original.

La reducción del volumen es inmediata; no requiere largos períodos de residencia, como en el caso del relleno sanitario.

Los residuos pueden ser tratados in situ, sin necesidad de que sean trasladados a sitios distantes.

Con la adecuada tecnología las emisiones atmosféricas pueden ser controladas con una alta efectividad y con un impacto negativo mínimo a la atmósfera.

Las cenizas residuales generalmente no son putrescibles.

Existe la tecnología para destruir completamente aún los materiales más riesgosos de una manera completa y efectiva.

La incineración requiere un área de desecho pequeña.

Utilizando las técnicas de recuperación de calor, los costos de operación pueden a menudo ser reducidos mediante la utilización de la energía ahorrada.

En contraste, algunos de los problemas de la incineración son:

Alto costo de capital inicial

Se requieren operadores capacitados.

Existen materiales no incinerables, por ejemplo, residuos con altos contenidos líquidos o sólidos no combustibles.

Algunos materiales requieren la utilización de energéticos adicionales para alcanzar los estándares de eficiencia.^{3,14}

5.1. TIPOS DE INCINERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.

Existen varios sistemas de incineración, desde los más antiguos de una sola cámara, hasta los más modernos que funcionan con aire en dos o más cámaras de combustión, mediante controles automatizados de aire y combustible, así como de tiempo de combustión.

Los incineradores de residuos sólidos se clasifican según la naturaleza del material que tienen que ser incinerados; por ejemplo los residuos industriales peligrosos, municipales y los hospitalarios. Sin embargo, suele ocurrir que en un mismo incinerador se tratan residuos de muy diversa naturaleza. El diseño y la operación de los residuos sólidos son de una gran complejidad, sobre todo la variabilidad de la composición de los residuos; esto hace muy difícil pronosticar los efectos de las tasas de carga sobre los parámetros de combustión. A menudo los incineradores tienen que destruir residuos con un amplio espectro de valores calóricos, ejemplo desde residuos alimentarios húmedos con un valor calorífico tan bajo como 2500 BTU/lb hasta residuos plásticos con más de 19,000 BTU/lb.

Los tipos principales de incineradores para residuos hospitalarios son:

1. - Incineradores de una sola cámara de combustión.
2. - Incineradores de cámaras múltiples.
3. - Incineradores de aire controlado.³

5.2. INCINERADORES DE UNA CÁMARA.

El incinerador "convencional" simple, se compone de una sola cámara de hierro forjado o acero, revestida con tabique refractario. El funcionamiento de este equipo es simple, se carga manualmente a través de una puerta con bisagras, sobre una parrilla de barras, logrando el encendido inicial mediante un objeto inflamable. La combustión de los residuos se lleva a cabo sobre la parrilla.

Algunas de las deficiencias más significativas del funcionamiento de este equipo son las siguientes:

La velocidad del flujo de aire y la combustión no son controladas, produciendo considerables cantidades de humo y altas emisiones de partículas a causa de la combustión incompleta.

El procedimiento de carga puede ocasionar una excesiva temperatura en el horno, dañando el revestimiento refractario.

El operador no recibe protección durante la carga.

La parrilla de barras debe ser reemplazada frecuentemente.

Para evitar esas deficiencias se han introducido a este equipo modificaciones tales como:

Un quemador para el encendido inicial de los desechos y para destrucción de organismos patógenos.

Corrientes de aire forzadas, para incrementar la turbulencia y mezclado en la cámara.

En este tipo de incinerador, aún con las modificaciones introducidas, la combustión se efectúa sobre una parrilla de barras y se carga manualmente; la última variación de este equipo en los E.U.A. consiste en la inyección de combustible para reducir el tiempo de combustión; los más sofisticados incluyen un interruptor térmico, para suspender la inyección de combustible al alcanzar una temperatura dada, con el consiguiente ahorro de combustible; esto también ha hecho posible un encendido automático, consiguiendo reducir un poco más las emisiones de cenizas o partículas. Estas modificaciones no están disponibles en nuestro país; ya que los incineradores de una sola cámara que se identifican para la elaboración de esta norma son muy antiguos y de baja eficiencia.³

5.3. INCINERADORES DE CÁMARAS MÚLTIPLES.

Con el propósito de lograr una destrucción de los productos la emisión de partículas atmosféricas en los gases de salida se han desarrollado los incineradores de cámaras múltiples. Al inicio del proceso de incineración se utiliza una cámara primaria para la combustión de los residuos sólidos; la residencia de los gases de emisión y la cantidad del combustible complementario para la incineración de los productos

gaseosos no quemados y de los sólidos combustibles en suspensión (hollín) liberados desde la cámara primaria. Existen dos tipos principales de los incineradores de cámaras múltiples: Incineradores tipo retorta y los sistemas "en línea".³

5.4. INCINERADOR TIPO RETORTA.

Esta unidad corresponde a un incinerador compacto de tipo cúbico con varias placas internas. Las placas están colocadas de tal modo que dirijan el curso de los gases de combustión en giros de 90° en dirección horizontal y vertical. En cada giro las cenizas se precipitan desde la corriente de los gases de salida. La primera cámara tiene rejas elevadas para la descarga de los residuos y un canal para la recolección de cenizas residuales. Generalmente el suministro de aire, se hace por arriba y por abajo de los quemadores, mediante ventiladores de aire forzado a un ritmo controlado. Los gases de emisión salen de la cámara primaria a través de una abertura denominada puerto de la flama (flame port) que desemboca en la cámara secundaria (secondary chamber) o en una cámara más pequeña denominada "cámara de mezclado" (mixing chamber) inmediatamente antes de la cámara secundaria. El puerto de la flama en realidad es una abertura del muro del puente (bridge wall) que separa las cámaras primaria y secundaria. Los puertos de aire están colocados en la cámara secundaria de combustión, y cuando existen también en las cámaras de mezclado. Dependiendo de la naturaleza de los residuos, se suministra combustible adicional en la cámara primaria y secundaria. Sin embargo, el suministro de combustible puede ser innecesario en la cámara primaria después de iniciada la ignición, es decir después de alcanzar una temperatura suficientemente alta como para que los residuos mantengan su propia combustión. Por el contrario la cámara secundaria generalmente requiere un suministro continuo de combustible. Conforme los gases penetran y salen de la cámara secundaria, las partículas de mayores dimensiones se desprenden del flujo de los gases; si las temperaturas en la cámara secundaria son suficientemente elevadas (alrededor de 1400°F para los residuos patológicos y otros residuos carbonáceos) destruyen las partículas aún no incineradas. Este tipo de equipo en realidad tiene bajas emisiones de partículas y en muchas ocasiones puede cumplir un estándar de emisión de 0.8 gr/dscf corregido a 12% de CO₂ (gr/dscf=grain/dried standard conditions per cubic feet).³

5.5. INCINERADOR EN LÍNEA

Esta es una unidad más grande que el incinerador tipo retorta. El flujo de los gases se dirige de manera recta, con cambios abruptos sólo en dirección vertical, alimentado por gas natural como combustible adicional, sobre todo de la cámara secundaria. Los residuos son cargados en la parrilla, la cual puede ser móvil o fija. La parrillas fijas como ocurre en los incineradores de retorta, solamente son útiles para una operación semicontinua o por lotes. Los incineradores en línea a menudo cuentan con equipo de remoción automatizada de cenizas, lo cual facilita la operación continua.

Al igual que en los incineradores tipo retorta, los cambios en la dirección del flujo del aire y las restricciones del flujo de los gases ayudan al depósito de las partículas de mayor tamaño y aumentan la turbulencia necesaria para facilitar una mayor combustión. Los quemadores adicionales en la cámara primaria incineran los residuos, mientras que en la cámara secundaria los quemadores adicionales mantienen la combustión completa, de los componentes incinerables de los gases de salida.

La capacidad de los incineradores tipo retorta generalmente fluctúa desde 20 lb/hr, hasta aproximadamente 750 lb/hr; la capacidad de los incineradores en línea habitualmente oscila entre 500 lb/hr y 2000 lb/hr, pudiendo ser la capacidad aún mayor si cuenta con dispositivos automáticos de carga y de remoción de cenizas, los cuales generalmente no están disponibles para equipos con capacidad menor de 1000 lb/hr. Los requerimientos de aire para combustión son los mismos para cualquiera de estos dos incineradores, aproximadamente 300% de exceso de aire. Aproximadamente la mitad del aire requerido ingresa como fuga a través del puerto de carga y de otras áreas del incinerador. Del aire restante, el 70% se suministra en la cámara primaria como aire superior a la cama de encendido (overfire air) de la cámara

primaria, el 10% por abajo del fuego (underfire air) y 20% en la cámara de mezclado, o en la cámara de combustión secundaria. Como se muestra en el cuadro correspondiente, los incineradores de cámaras múltiples producen considerablemente menos emisiones que los incineradores de cámara única. Una cortina de agua a través del curso de los gases de salida de la cámara de combustión secundaria reduce aún más las emisiones.

TABLA 21. COMPARACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE LOS INCINERADORES DE CÁMARA ÚNICA Y CÁMARAS MÚLTIPLES.

CONTAMINANTE	CAMARAS MÚLTIPLES	CÁMARA ÚNICA
Partículas (gr/scf a 12% de CO ₂)	0.11	0.90
Material volátil (")	0.07	0.50
Total gr/scf a 12% de CO ₂	0.19	1.40
Total (lb de residuos incinerados)	3.50	23.80
Monóxido de Carbono (")	2.90	197 a 991
Amoniaco lb/ton (")	0.00	0.9 a 4.0
Acidos Org. (acético) (")	0.22	más de 3.0
Aldehídos (formaldehído)(")	0.22	5.0 a 64
Oxidos de nitrógeno (")	2.50	1.0
Hidrocarburos (hexano) (")	Menos de 1	

fuente : Bruner CR. Incineration Systems 1987.

También existen incineradores de cámaras múltiples contruidos especialmente para los residuos hospitalarios. En el cuadro correspondiente se describen la composición química y los datos de la combustión química de estos residuos. También se muestran los valores de las emisiones de dos incineradores de residuos patológicos (uno con y otro sin cámara secundaria) obtenidos en dos corridas de prueba. Conviene tomar en cuenta el significativo decremento de las emisiones cuando se utiliza una segunda cámara de combustión.

TABLA 22. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DATOS DE LA COMBUSTIÓN DE LOS RESIDUOS PATOLÓGICOS. ANÁLISIS FINAL (ANIMAL COMPLETO).

COMPONENTE	% DEL PESO TOTAL	% DEL PESO DEL RESIDUO
Carbono	14.7	50.80
Hidrógeno	2.7	9.35
Oxígeno	11.5	39.85
Agua	62.1	
Nitrógeno	Trazas	
Minaerales (ceniza)	9	

TABLA 23. EMISIONES DE DOS INCINERADORES DE RESIDUOS PATOLÓGICOS CON QUEMADORES SECUNDARIOS

Prueba No.	A	B
Tasa de destrucción hasta cenizas lb/hr	quemador de la cámara de mezclado en operación.	
Tipo de residuo	placenta en papel	perro muerto
	periódico	recientemente
Contaminantes de la combustión gr/scf a 12% de CO₂	0.200	0.300
gr/scf	0.014	0.936
lb/hr	0.030	0.360
lb/ton cargadas	3.120	7.260
Ácidos orgánicos		
gr/scf	0.006	0.013
lb/hr	0.010	0.050
lb/ton cargadas	1.040	1.010
Aldehídos		
gr/scf	N.A. ^b	0.006
lb/hr	N.A. ^b	0.020
lb/ton cargadas	N.A. ^b	0.400
Óxido de nitrógeno		
Ppm	42.70	131
lb/hr	0.08	0.099
lb/ton cargadas	8.84	2
Hidrocarburos	Nil	Nil

^a CO₂ de la incineración de residuos sólo para convertirlo a una base de 12% de CO₂

^b No disponible.

TABLA 24. EMISIONES DE DOS INCINERADORES DE RESIDUOS PATOLÓGICOS SIN QUEMADORES SECUNDARIOS.

Prueba No.	A	B
Tasa de destrucción hasta cenizas lb/hr	quemador de la cámara de mezclado en operación.	
Tipo de residuo	placenta en papel	perro muerto
	periódico	recientemente
Contaminantes de la combustión gr/scf a 12% de CO ₂	0.500	0.300
gr/scf	0.017	0.128
lb/hr	0.030	0.430
lb/ton cargadas	2.270	8.040
Ácidos orgánicos		
gr/scf	0.010	0.034
lb/hr	0.020	0.110
lb/ton cargadas	1.514	2.050
Aldehídos		
gr/scf	0.007	0.10
lb/hr	0.013	0.033
lb/ton cargadas	0.985	0.617
Óxido de nitrógeno		
Ppm	14.700	95
lb/hr	0.016	0.082
lb/ton cargadas	1.21	1.550
Hidrocarburos	Nil	Nil

5.6. INCINERADORES DE AIRE CONTROLADO.

Al inicio de los años 60 un incinerador intrínsecamente simple empezó a ganar popularidad conforme se incrementó la preocupación por la contaminación ambiental derivada de la combustión de los residuos. Es de hacer notar que los esfuerzos de los investigadores a nivel internacional se han dirigido a mejorar el control de su operación, para cumplir con las disposiciones normativas cada vez más estrictas sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre prevención de riesgos a la salud que se han emitido. La Unidad Modular de Combustión (UMC) se ha convertido en un sistema eficiente y económico para la destrucción de los residuos hospitalarios. Estos incineradores se conocen también como Unidades de Aire Controlado y Unidades de Aire Reducido (Starved AIR Units). La operación de estas unidades se basa en controlar la inyección de aire para producir reacciones pirólíticas.

La UMC consiste de dos cámaras principales; una cámara primaria y otra secundaria. La función de la cámara de combustión primaria consiste en calentar el desecho, deshidratarlo y pirolizarlo bajo condiciones subestequiométricas para separar los compuestos orgánicos volátiles. La temperatura bajo la cual opera eficientemente esta cámara se encuentra en el intervalo de 815-980°C.

Los residuos son cargados en esta cámara, introduciéndose un flujo de aire cuidadosamente controlado. Solamente se permite la entrada de una cantidad necesaria de aire para que el calentamiento produzca la pirólisis de los residuos. Típicamente sólo se introduce en la cámara primaria 70 % u 80% del aire estequiométricamente necesario; sin embargo, se alimenta a la cámara un flujo de aire adicional, para reducir la formación de productos derivados de la combustión incompleta.

La función de la cámara de combustión secundaria es destruir térmicamente los contaminantes generados durante el tratamiento efectuado en la cámara primaria. Esta cámara funciona bajo condiciones de exceso de aire (100-200 % de exceso del aire estequiométricamente necesario) y una temperatura de operación entre 800-1000°C. El tiempo de retención de los gases en la cámara es un parámetro fundamental, considerándose adecuado el intervalo entre 1 y 2 segundos, manteniendo condiciones de gran turbulencia.

Los gases generados por la reacción de pirólisis en la cámara primaria contiene materiales combustibles, que son incinerados en la cámara secundaria, la cual tiene las suficientes dimensiones para que los gases tengan el tiempo de residencia suficiente para destruir completamente los residuos orgánicos que se encuentran en los gases de salida. Al igual que en la cámara primaria, se introduce una cantidad de aire cuidadosamente controlada en la cámara secundaria, pero en este caso se mantiene de exceso de aire, para lograr la combustión completa de los gases de salida. Con este procedimiento generalmente no son necesarios los limpiadores húmedos o precipitadores electrostáticos. La combustión de los gases en la cámara secundaria generalmente es suficiente para limpiar los gases y cumplir las normas de calidad del aire en cuanto a partículas.

Como la temperatura se relaciona directamente con la cantidad de aire suministrado; generalmente se utiliza la temperatura para controlar el flujo de aire en ambas cámaras. Por abajo del nivel estequiométrico de aire, la temperatura de la reacción aumenta, con el flujo del aire. Conforme se inyecta más aire, aumenta la combustión y por lo tanto la temperatura. El control de la operación de la cámara primaria (en donde no se requiere una oxidación completa) se lleva a cabo de la siguiente manera:

A mayores temperaturas, se disminuye el flujo de aire.

A temperaturas más bajas, se aumenta el flujo del aire.

La cámara secundaria está diseñada para una combustión completa, suministrándose más del aire estequiométricamente requerido. En condiciones estequiométricas todo el material combustible se incinera completamente. El aire adicional se utiliza para enfriar los gases de emisión; por lo tanto el control de la operación de la cámara secundaria se hace de manera inversa en comparación con la cámara primaria.

A mayores temperaturas, se aumenta el flujo del aire.

A temperaturas más bajas, se disminuye el flujo de aire.

Estos incineradores generalmente están provistos de detectores de temperatura que automáticamente colocan en su lugar el regulador del ventilador para suministrar el aire requerido a la cámara.

Las UMC fueron diseñadas originalmente para la destrucción de basuras. En general son aplicables para la destrucción de otros residuos sólidos y su cámara secundaria también puede ser utilizada para la destrucción de gases y líquidos en suspensión. La naturaleza de este incinerador es tal que la turbulencia de la alimentación de residuos es mínima. Aquellos materiales que requieren alta turbulencia para una efectiva combustión como el carbón en polvo o los materiales pulposos, no se recomiendan para este tipo de incineradores.

Comparados con otros métodos de incineración, el flujo del aire en la cámara primaria es bajo en cantidad y lento en velocidad. La lentitud y la ausencia de turbulencia del residuo produce que sólo cantidades mínimas de partículas sean arrastradas en el flujo de los gases de emisión. La combustión completa se lleva a cabo en la cámara secundaria y los gases de emisión son limpios y prácticamente libres de partículas, es decir de humos y hollín.

Este incinerador generalmente puede cumplir con las normas de emisión sin la necesidad de equipo complementario de limpieza de gases.

Sistema de Carga y Descarga de Cenizas. El objetivo primordial del sistema de colección de cenizas es permitir que el incinerador conserve su eficiencia en condiciones de operación continua; en el caso de operación intermitente sirve para preparar el equipo, para que la combustión subsiguiente no sea alterada por las cenizas residuales de la combustión anterior.

Asimismo un sistema adecuado de colección de cenizas facilita las actividades de mantenimiento y de conservación del incinerador.

Las unidades más pequeñas con capacidad menor de 750 libras por hora, generalmente son cargadas por lotes (carga intermitente). Los residuos se cargan durante varias horas y cuando una carga completa se ha colocado en la cámara, está se sella y los residuos son encendidos. Las unidades de grandes dimensiones generalmente están provistas de un sistema de carga continua.³

5.7. INCINERADORES DE HORNO ROTATORIO.

Este sistema de incineración consiste de un horno rotatorio y una cámara de combustión secundaria; es más versátil que los incineradores ya descritos, en el sentido de que puede aplicarse a la destrucción de desechos sólidos, líquidos y aún aquellos que se guardan en contenedores. Por esta razón, estas unidades frecuentemente se incorporan a diseños especiales de las instalaciones para la incineración.

Un incinerador de horno rotatorio está diseñado para operar de manera continua y generalmente incluye, un equipo complementario, para la alimentación continua de residuos al horno y otro equipo para remoción continua de las cenizas. Las características de diseño de estos equipos, elevan su costo de adquisición e involucran un área de almacenamiento controlada, ya que se requiere un volumen de residuos preestablecidos para poder operar el equipo en forma continua.³

5.8. TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA.

El control de las emisiones depende de la naturaleza de los residuos, del tipo de incinerador y de los parámetros de operación del incinerador. Las características físicas, químicas de los residuos bajo control, la naturaleza de la descarga de los gases de la chimenea y los sistemas de control deben adaptarse a la descarga. Unos residuos con una considerable carga de plásticos necesariamente producirá emisiones de cloruro de hidrógeno. Cuando se utiliza un limpiador húmedo, se producirá ácido clorhídrico en el agua de limpieza. La producción de ácidos y su acción corrosiva en los dispositivos de control, son indicadores de sus limitaciones. De igual manera un residuo con alto contenido de azufre, tiene un comportamiento similar, ya que puede producir emisiones de ácido sulfúrico.

Los residuos peligrosos requieren una elevada temperatura para obtener una destrucción efectiva. Los filtros son lábiles a temperaturas mayores de 300°F- 600°F y por lo tanto no pueden ser utilizados cuando los gases de salida tienen una temperatura relativamente elevada.

Las características físicas del material de los residuos como el promedio y la variabilidad del tamaño, deben ajustarse al tipo de incinerador seleccionado. Las características químicas de los residuos son generalmente más importantes para la selección de un equipo de control, que sus características físicas.

El tipo de incinerador es posiblemente el factor más importante para estimar la generación de emisiones. A continuación se presentan las emisiones típicas, desde las más severas a las más graves:

PIRÓLISIS: Los productos de la combustión de un reactor pirolítico son de acuerdo a su propia naturaleza, ricos en hidrocarburos no quemados, incluyendo ácidos orgánicos y componentes orgánicos pesados y ligeros. Los gases están altamente cargados también de partículas.

HORNO ROTATORIO: La acción del horno consiste en agitar la carga de residuos, lo cual produce una carga de partículas atmosféricas relativamente altas.

INCINERADOR DE UNA SOLA CÁMARA: A menos que la temperatura sea suficientemente elevada, los residuos serán destruidos inadecuadamente, liberando partículas y sustancias orgánicas. Aún con altas temperaturas que requieren dispositivos de control.

INCINERADORES DE CÁMARA MÚLTIPLES: Habitualmente están dotados de medios para retener las partículas del flujo de gases. La turbulencia así producida tiende a incrementar la combustión de las sustancias orgánicas no incineradas dentro del gas de salida.

INCINERADOR DE AIRE CONTROLADO: Existe agitación mínima de los residuos y la cámara secundaria, para la combustión controlada de los productos de la cámara primaria.

Las emisiones atmosféricas de los incineradores incluyen partículas, gases, olores y ruidos. En la actualidad existe una gran variedad de equipos de control de emisiones contaminantes, desde los dispositivos simples hasta aquellos de gran complejidad.

La generación de los contaminantes depende de los siguientes factores:

Composición de los residuos.

Ritmo de la carga de los residuos.

Método de carga.

Tipo y diseño del incinerador.

Condiciones de la combustión (las tres T).

Flujo de aire.

Esto significa que el control integral de las partículas no se logra únicamente en los dispositivos de control, sino con la operación del equipo. Los contaminantes más comunes emitidos por los incineradores son: Las partículas, los cloruros y los óxidos de azufre.

Equipos: Son los equipos más simples utilizados generalmente para la colección de partículas mayores de 40 micrones. La colección se realiza al reducir la velocidad de la corriente de los gases, permitiendo que las partículas se asienten por gravedad.

Estos equipos se utilizan por lo general como precolectores de un equipo de alta eficiencia.

Las ventajas que presenta son:

Costo de instalación bajo.

Costo de energía bajo.

Costo de mantenimiento bajo.

Excelente seguridad.

Puede fabricarse con una gran variedad de materiales.

Las desventajas fundamentales son:

Requiere de mucho espacio para su instalación.

La eficiencia de recolección es baja.

SEPARADORES SECOS POR IMPACTACIÓN.

Consisten esencialmente en una serie de placas colocadas frente a la corriente de los gases. Las partículas por su inercia relativamente alta mantiene su dirección, mientras que los gases de la corriente cambian su curso alrededor de la placa; las partículas se depositan y los gases mantienen su flujo. Este

método puede ser efectivo para la remoción de partículas por arriba de 15 micras, pero partículas de menor diámetro continúan su trayectoria dentro de la corriente de los gases.³

CICLONES.

El ciclón es un separador, los gases que penetran en el ciclón forman un vértice que eventualmente se invierte y forma un segundo vértice al salir de la cámara ciclónica; por inercia las partículas tienden a moverse hacia el muro externo, de donde caen hacia un recipiente externo para su posterior recolección.

Los ciclones son capaces de remover partículas de gran diámetro (por arriba de 15 micras), pero tienen un efecto mínimo sobre partículas más pequeñas. Un colector ciclónico suele colocarse antes de otro dispositivo de control como es un precipitador electrostático. En ocasiones la descarga de los sólidos del ciclón está conectada directamente al incinerador, regresando así las partículas de gran diámetro de la corriente de los gases, aumenta la eficiencia de los mecanismos subsecuentes de control, ya que estos únicamente tienen que controlar las partículas de menor diámetro. Hay que advertir que las partículas de mayor diámetro habitualmente constituyen el principal componente de las partículas en cuanto a peso. Por ejemplo el 85% del peso de las emisiones puede estar constituido por partículas de diámetro mayor de 15 micras. Uno de los problemas del uso de los ciclones es la dificultad para que las partículas se desprendan de las paredes del ciclón. La aglomeración de las partículas se incrementa si los residuos son fibrosos, adhesivos o higroscópicos, o si la corriente de gases contiene una elevada carga de partículas.³

5.9. NORMATIVIDAD ESTATAL SOBRE LA INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS HOSPITALARIOS EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA.

El parámetro de comparación directo para definir la normatividad relativa a la incineración de los residuos hospitalarios se encuentra a nivel estatal; incluso hay disposiciones locales o distritales, generalmente más estrictas que las de nivel estatal.

Aunque existen similitudes, también existen diferencias notables, entre las que pueden destacarse las siguientes: Mientras que en algunos estados existen normas especiales para los incineradores hospitalarios, en la mayoría de ellos estos equipos están normados de la misma manera que los de carácter municipal; los parámetros para establecer los límites de emisión también varían, así como las unidades de medición. Entre las similitudes destaca que los contaminantes que se miden de manera universal, son las partículas (únicamente en dos estados no se miden); también de manera general se utiliza un standard de opacidad. Sólo en un número limitado de entidades federativas se miden algunos gases como furanos, dioxinas, HCL, SO₂, CO, Hidrocarburos clorados, e hidrocarburos poliaromáticos.^{3,14}

5.10. REQUISITOS LEGALES PARA LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS EN LOS ESTADOS DE LA UNIÓN AMERICANA.

CALIFORNIA.

No existen disposiciones específicas para los incineradores hospitalarios. La calidad del aire es normada por los Distritos de Administración de la Calidad del Aire y las normas varían de distrito a distrito; todos ellos exigen licencia de operación para los incineradores. Los requisitos de las emisiones de contaminantes tóxicos dependen en gran medida de la ubicación e instalación que varía de distrito a distrito. Existen otros requisitos, si el incinerador trata residuos generados en otras instalaciones, debe tener el permiso del Departamento de Servicios de Salud del Estado. Para mayor información: California Department of Health Services, Hazardous Materials Management Section in Sacramento. Tel: (916) 324-96-11.

FLORIDA.

No existen normas estatales específicas para los incineradores hospitalarios; sin embargo, algunos distritos tienen pautas para los incineradores de residuos infecciosos y estos requisitos aparecen en las licencias de operación de contaminación atmosférica. La temperatura de la cámara secundaria y el tiempo de residencia frecuentemente son especificados por cada distrito. Todos los incineradores con capacidad de 50 ton/día deben tener licencia, la norma de emisiones visuales es de 5% de opacidad, pero no hay límite de emisión de partículas. Se espera que las normas se hagan más rígidas próximamente. Información: Department of Environmental Regulation, Solid Waste Planning and Regulation Program in Tallahassee. Tel : (904) 488-0300.

TEXAS.

Todos los incineradores hospitalarios deben tener licencia de operación. Los incineradores con una capacidad menor de 200 lb/hr que creman solamente restos de animales y partes corporales, sangre y recipientes no clorados, no requieren licencia. Los incineradores deben ser de dos cámaras con una temperatura en la cámara secundaria de por lo menos 1800°F y un tiempo de residencia de un segundo. La norma de emisiones visibles es de una opacidad del 20%. Si las emisiones de cloruro de hidrógeno exceden 4 lb/hr, el incinerador debe ser equipado con un limpiador. Otros requerimientos incluyendo los límites de emisiones de tóxicos del aire, son determinados casuísticamente y así se especifica en los permisos. Información: Air Pollution Control Board, Combustion Section en Austin. Tel: (515) 451-5711.³

5.11. LINEAMIENTOS DE LA AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS HOSPITALARIOS POR INCINERACIÓN.

Independientemente de la normatividad estatal es importante considerar las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, porque resume las opiniones de muchos expertos.

La incineración puede ser una técnica apropiada de tratamiento para todos los tipos de residuos infecciosos, es particularmente ventajosa para los residuos patológicos, porque hace irreconocibles los restos corporales e inutiliza los objetos punzocortantes. Los incineradores adecuadamente diseñados y operados, más el servicio de mantenimiento apropiado, resultan efectivos para destruir los microorganismos presentes en los residuos infecciosos. Sin embargo si los incineradores no son operados adecuadamente, es posible liberar al ambiente microorganismos patógenos viables en las emisiones atmosféricas, cenizas o aguas residuales. Los principales factores que deben tomarse en cuenta al incinerar los residuos infecciosos son:

Las variaciones en la composición de los residuos.

Tasa de alimentación de los residuos.

Temperatura de la combustión .

Variaciones de la Combustión de los Residuos.

La composición de los residuos que afecta las condiciones de combustión, es debido a variaciones en el contenido de humedad y en el valor calorífico. Es importante ajustar la tasa de alimentación y la temperatura de combustión según se requiera, a fin de mantener condiciones apropiadas de incineración.

Tasa de Alimentación de Residuos.

La tasa de alimentación de residuos al incinerador también afecta la eficacia y eficiencia del tratamiento. Es importante evitar la sobrecarga que generalmente produce una combustión incompleta y un tratamiento insatisfactorio de los residuos infecciosos.

Temperatura de Combustión.

Debe mantenerse la temperatura apropiada durante la combustión para garantizar un adecuado tratamiento de los residuos infecciosos. La temperatura de combustión puede mantenerse según se requiera, mediante ajustes en la cantidad de aire y combustibles. En especial con los incineradores de

patología es necesario alcanzar la temperatura de operación antes de cargar los residuos. Deben hacerse los ajustes necesarios de aire y temperatura conforme cambia la composición de los residuos.

Los residuos infecciosos con riesgos adicionales merecen una consideración especial. Por ejemplo los residuos infecciosos que contienen o están contaminados con fármacos antineoplásicos, deberán ser destruidos únicamente en un incinerador que alcance altas temperaturas y un prolongado tiempo de residencia, que se requieren para una destrucción completa de estos residuos.

El contenido de plástico, es otro de los componentes que se requiere considerar antes de seleccionar la incineración como el método de tratamiento. Muchos incineradores pueden ser dañados por las altas temperaturas producidas por la combustión de grandes cantidades de plásticos. Otro aspecto que debe ser considerado es el contenido de cloro, cloruro de polivinilo y otros plásticos clorados presentes en los residuos. Los productos de la combustión de estos plásticos incluyen el ácido clorhídrico, el cual es corrosivo para el incinerador y puede dañar el material refractario y la chimenea. La reducción del contenido de plástico de estos residuos ayudará a prolongar la vida media de estos equipos.

Como los residuos infecciosos deben exponerse a una temperatura suficientemente elevada durante un tiempo adecuado para asegurar la destrucción de todos los organismos patógenos. Deben definirse las temperaturas mínimas de operación. Así por ejemplo, la normatividad del estado de Massachusetts para la incineración de residuos infecciosos, establece que todos los incineradores nuevos deben operar a una temperatura mínima de 1600°F en la cámara de combustión secundaria, y un tiempo mínimo de residencia de un segundo.

Además de los procedimientos de operación, las características del diseño también influyen sobre el proceso de incineración. Por ejemplo, los controles mecánicos son útiles para garantizar que los residuos están expuestos a la temperatura apropiada de combustión. Pueden instalarse dispositivos de seguridad para evitar la ignición de la cámara primaria, hasta que la temperatura de la cámara secundaria este operando a la temperatura apropiada. Los dispositivos de apagado mantiene la cámara secundaria a una temperatura de operación, durante un período después de que la cámara primaria ha sido apagada o hasta que se enfría a cierta temperatura. Los instrumentos de medición que permiten el registro continuo de la temperatura de combustión, son la tasa de alimentación de los residuos, combustibles y tasa de la inyección de aire son esenciales para monitorear el proceso de incineración.

Los incineradores de patología, han sido utilizados tradicionalmente para incinerar los residuos patológicos y otros residuos infecciosos; en general tiene baja capacidad y se utilizan de manera intermitente. Algunas instalaciones de mayor tamaño han instalado equipos para la recuperación de energía (es decir recuperación de calor a partir de la incineración de residuos incluyendo los residuos infecciosos). Este tipo de incineradores están regulados por el Decreto del Aire Limpio o el Decreto de Recuperación y Conservación de los Recursos (Clean Air Act or Resource Conservation and Recovery Act), si incineran determinados residuos peligrosos. No obstante muchos estados y localidades han emitido normas de emisión, sobre todo normas para partículas y monóxido de carbono a todos los incineradores, incluyendo los de tipo patológico.

La ausencia de normas para los incineradores no libera a los hospitales de la responsabilidad de cumplir los criterios de una incineración adecuada de los residuos infecciosos. Por lo tanto aunque la incineración de los residuos infecciosos no esté regulada, los hospitales y cualquier otro establecimiento que destruya residuos infecciosos por este método, deberá garantizar que los residuos son incinerados adecuadamente.³

CAPÍTULO VI

DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS HOSPITALARIOS Y LA TECNOLOGÍA PARA LA INCINERACIÓN QUE DEBE ADOPTAR MÉXICO.

Los puntos de vista que a continuación se mencionan son congruentes con la evaluación realizada recientemente por Tessitore y Cross (1988), sobre las características específicas de la incineración de los residuos hospitalarios y sirve de base para las recomendaciones que se mencionan más adelante.

Hasta el presente los criterios para la combustión de los residuos infecciosos se han enfocado principalmente hacia el control de las partículas, la opacidad y los olores. En la actualidad los estándares y pautas de funcionamiento reciente en el ámbito internacional se han venido haciendo más estrictas respecto a los parámetros anteriores, pero también se han enfocado al control de los compuestos orgánicos y a los subproductos de la combustión incompleta. Los criterios más recientes para el funcionamiento del incinerador incluyen los siguientes aspectos:

1. - Eficiencia de la combustión.
2. - Destrucción de los residuos.
3. - Temperatura.
4. - Tiempos mínimos de retención de gases en la cámara primaria y secundaria. Algunos de estos criterios recomendados para el funcionamiento de un incinerador se muestran en el siguiente cuadro.

TABLA 25. CRITERIOS RECOMENDADOS PARA LOS INCINERADORES DE RESIDUOS INFECCIOSOS.

PARAMETRO	CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO
Destrucción (Burn-out)	> 95%
Eficiencia de la Combustión	> 95%
Temperatura de la Cámara Primaria.	> 1,500 °F
Temperatura de la Cámara Secundaria	> 1,800°F
Tiempo de Residencia en la Cámara Secundaria.	> 1-2 segundos.

La Cámara de Combustión Primaria.

En un incinerador de aire controlado la cámara de combustión primaria está diseñada para calentar, secar y pirolizar los residuos en condiciones subestequiométricas, produciendo la liberación de humedad y compuestos orgánicos de los residuos.

Desafortunadamente la combustión incompleta tiene algunos inconvenientes. Las pruebas de laboratorio en el Instituto de Investigación de la Universidad de Dayton, pruebas parciales en el Centro de Combustión de la EPA y pruebas completas en incineradores municipales de residuos sólidos y residuos peligrosos, han demostrado que la combustión subestequiométrica produce la formación de compuestos no reaccionados o parcialmente reaccionados (un reacted-partially reacted), es decir productos de reacción incompleta. Estos compuestos pueden variar desde benceno hasta isómeros clorados de dibenzo-p-dioxina (CDD) y de difenzofurano (CDF). La explicación más extendida respecto a la formación de estos productos, es que los plásticos clorados (PVC) de los residuos pueden ser precursores en las regiones deficientes de oxígeno en la cámara primaria.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

La Cámara de Combustión Secundaria.

Originalmente la cámara de combustión secundaria en los incineradores de aire controlado, se diseñó para completar la combustión de los compuestos orgánicos volatilizados en la cámara primaria. Tomando en consideración los requisitos actuales sobre la destrucción de los agentes patógenos y sobre la formación de compuestos parcialmente atacados, en la cámara secundaria adquiere una relevancia particular.

La destrucción térmica de los compuestos orgánicos en la cámara secundaria depende de los siguientes parámetros:

1. - La temperatura en la cámara de combustión.
2. - El tiempo de residencia de la corriente de los gases.
3. - La turbulencia o mezclado.
4. - La disponibilidad de oxígeno.

Numerosas pruebas han demostrado que la mayor parte de los compuestos orgánicos es destruido a temperaturas de 1,800-2,200°F con un período de residencia de 1-2 segundos. La disponibilidad de oxígeno en la cámara secundaria es también otro factor importante. Las pruebas en general indican que para la mayoría de los compuestos orgánicos, a una temperatura y a un tiempo de retención determinado, la eficiencia de la destrucción aumenta con la disponibilidad del oxígeno. Finalmente hay que señalar que una buena combustión y destrucción de los compuestos orgánicos en la cámara secundaria depende en gran medida de la mezcla. La mezcla y la turbulencia ayuda a promover una buena transferencia de calor y disponibilidad de oxígeno. Esto es especialmente importante, porque algunas áreas de la cámara secundaria pueden estratificarse y algunos residuos de sustancias orgánicas no destruidas pueden atravesar esta cámara. Muchos estudios han demostrado que un buen mezclado minimiza la liberación de compuestos orgánicos de la cámara principal. Como no es posible medir un buen mezclado, se utilizan otros parámetros.

Las mediciones de los incineradores han demostrado que:

1. - Las emisiones de compuestos orgánicos pueden ser minimizadas a concentraciones teóricas de aire de 100-200%, lo cual refleja una combustión estequiométrica con exceso de oxígeno
2. - Las emisiones de monóxido de carbono siguen el patrón de las emisiones de los compuestos orgánicos. Estos datos muestran que los compuestos orgánicos y el monóxido de carbono son mínimos a 150% de aire o 50% de exceso de oxígeno.

Los datos indican también que a bajas condiciones teóricas de aire (>100%) aumenta la emisión de compuestos orgánicos. Esto se debe básicamente a la escasa disponibilidad de oxígeno y a una baja mezcla. A altas condiciones teóricas de aire (>200%) las emisiones de compuestos orgánicos también se incrementan. Esto se debe al excesivo aumento de aire, que produce un decremento en la temperatura de la cámara de combustión y consecuentemente en la eficiencia de la destrucción.

El operador del equipo debe vigilar que los residuos a incinerar no sean líquidos con menos del 85% de material sólido, materiales con alto contenido de humedad (mayor al 95%) o sólidos no combustibles. Los residuos a tratar deberán tener un valor calorífico mayor de 2200 BTU/kg.

Debido al avance de los procedimientos regulatorios, también se ha hecho énfasis en lograr una buena combustión en la cámara primaria.

Históricamente los incineradores de aire controlado han funcionado como unidades de operación por lotes en donde los residuos son introducidos en el ciclo de carga, seguido de un ciclo de combustión, enfriamiento y limpieza. El ciclo de combustión debe ser controlado, para lograr el suficiente tiempo de residencia de los residuos. Los incineradores más modernos han incorporado el movimiento a lo largo de la unidad sin las etapas secuenciales como el método de lotes. Este método permite una mayor tasa de carga, pero puede reducirse la eficiencia a causa de los tiempos de residencia más breves.³

6.1. PROPOSICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES, CONDICIONES, PROCEDIMIENTOS Y REQUISITOS DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS HOSPITALARIOS EN MÉXICO.

Una de las alternativas de tratamiento para los residuos peligrosos hospitalarios en México, es la incineración y se deberá llevar a cabo bajo las siguientes condiciones:

El incinerador deberá tener dos cámaras de combustión como mínimo.

La cámara de combustión secundaria deberá ser capaz de alcanzar temperaturas mayores de 800°C

La altura de la chimenea debe cumplir con las especificaciones existentes para poder llevar a cabo un muestreo isocinético

El incinerador deberá tener instalado un equipo de control adecuado capaz de controlar partículas con diámetros menores a 30 micrómetros.

El personal encargado de operar el incinerador deberá contar con capacitación en lo concerniente a principios básicos de combustión, incineración y funcionamiento de incineradores.

Las características que deberán de controlarse para el proceso de la combustión son los siguientes parámetros:

Tiempo de residencia en la cámara de combustión de un segundo mínimo.

Temperatura a la que se lleva a cabo el proceso.

Turbulencia.

Bitácora de Incineración.

Será obligación del operador del equipo registrar en un cuadernillo destinado para este fin únicamente la cantidad de residuos que se incineren diariamente, sus características y las condiciones a las que se operó el equipo, dicho registro deberá ser proporcionado inmediatamente en caso de que se requiera, al personal autorizado de las diferentes dependencias que pudieran llegar a solicitarlo.

Parámetros que deben tenerse en cuenta para su control:

Opacidad.

La medición de opacidad debe ser llevada por personal calificado, debido a que este tipo de medición se presta a interpretaciones y apreciaciones un poco subjetivas de parte del observador que hace la medición, se considera no recomendable llevar a cabo mediciones de opacidad como una forma de conocer rápidamente y a grandes rasgos la cantidad de emisiones de partículas, que se hacen a la atmósfera provenientes del proceso de incineración. Se recomiendan los valores del 20% de opacidad para cuando el incinerador este funcionando normalmente, ya que en la fase inicial y final del proceso de incineración, este límite puede excederse hasta llegar a un 60% en espacios de tiempo no mayores de 3-5 minutos/hora.

Emisión de Partículas. Límites máximos permisibles de emisiones de contaminantes a la atmósfera generados por la incineración de residuos peligrosos Hospitalarios en México, estarán determinados por la capacidad de carga del incinerador, dados en cantidad de contaminante en peso por unidad de volumen (mg/m^3) corregido al 12% CO_2 .

TABLA 26. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA

CAPACIDAD DEL INCINERADOR (kg./hr)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (Mg/m^3) corregido al 12% CO_2 .
Más de 1000	182
De más de 450-1000	230
De más de 200-450	275
De menos de 200	460

Requisitos para el control de emisiones atmosféricas.

La tendencia actual de las normas estatales está dirigida hacia:

1. - Una normatividad más estricta de las partículas.
2. - Control de los gases ácidos, especialmente el ácido clorhídrico.
3. - Control de monóxido de carbono.

El mayor control sobre las partículas se ha logrado sobre todo a la disponibilidad de tecnologías más eficientes, mientras que el aumento del contenido de los gases ácidos se ha debido a la gran cantidad de plásticos clorados en los residuos hospitalarios. El estudio de la EPA sobre combustión de los residuos hospitalarios ha mostrado que contienen entre un 20-30% de plástico. Los plásticos están constituidos primordialmente por polietileno, polipropileno y cloruro de polivinilo, representando este último el 45% del cloro.

La elevada cantidad de cloro puede producir productos de la combustión que incluyen el HCL y compuestos orgánicos tóxicos. Los datos del estudio de la EPA han mostrado concentraciones que van desde 40 ppm hasta 2,095 ppm en hospitales no controlados, estando un gran número de hospitales entre 500 ppm y 1,000 ppm. Las normas sobre CO se han impulsado con el fin de controlar las emisiones de otros compuestos orgánicos, utilizando el CO como indicador.

La minimización de las emisiones indica la optimización de la eficiencia de la combustión, y por lo tanto la minimización de las emisiones de otros compuestos orgánicos.

Requisitos para el cumplimiento de las normas actuales y perspectivas de cumplimiento de las propuestas de mayor restricción en los límites de emisiones.

El cumplimiento de las normas actuales y propuestas requiere de la utilización de tecnología de punta (state of the art). Esto es particularmente cierto para la regulación estricta de emisiones de partículas y gases ácidos. Por ejemplo las normas propuestas para el Estado de Nueva York, exigen emisiones de partículas de 0.015gr/dscf y emisiones de cloro de 50 ppm.

Una revisión de los niveles controlados de emisión en hospitales (Estudio de Combustión de Residuos Hospitalarios de la EPA), indica que tal nivel de control de partículas solamente se ha logrado mediante filtros, mientras que solamente las torres empacadas han logrado el nivel de control de 50 ppm de HCL. Esto representa una dificultad ya que ningún equipo de control por sí sólo ha logrado ambos límites de emisión. El nuevo concepto de lavador seco acompañado de un filtro, ha resultado útil en grandes incineradores (2,000 ton/día), sin embargo no ha tenido resultados útiles para los incineradores hospitalarios de 10-20 ton/día.

Algunas de las posibles soluciones para cumplir ambos límites tan estrictos serían:

1. - La utilización de filtros para el control de emisiones, y la eliminación de los plásticos clorados de los residuos hospitalarios.

2. - La utilización de un filtro en combinación con una torre empacada o limpiador húmedo.

Basado en los criterios anteriores de combustión y emisión, la configuración de los futuros incineradores de residuos infecciosos deberá incluir las siguientes características en su diseño:

1.-- Mayores temperaturas de combustión en la cámara primaria (1,500-1,800° F) para asegurar una buena acción de quemado y potencializar la destrucción de los organismos patógenos.

2.- Mayor disponibilidad de oxígeno en la cámara primaria para evitar la formación de productos de la combustión incompleta.

3.- Mayores temperaturas en la segunda cámara de combustión (1,800-2,000°F) con mayores tiempos de residencia (1.0 a 2.0 seg.), para asegurar la destrucción de los compuestos orgánicos y de los microorganismos infecciosos.

4.- Incorporación de dispositivos de mezclado, o aumento de mezclado en la cámara secundaria para incrementar la eficiencia de la destrucción de los compuestos orgánicos.

Como se ha señalado de manera detallada a lo largo de este estudio los productos finales de la incineración son gases y cenizas. En este caso las cenizas constituyen los residuos de este proceso, ya que los gases son emisiones contaminantes a la atmósfera y por lo tanto representan el objeto principal de este ordenamiento legal.

Si el proceso de incineración se lleva a cabo adecuadamente, las cenizas constituyen material inerte, y por lo tanto inocuos para los seres humanos y el ambiente.

Esto es claro porque a diferencia de otros residuos peligrosos de carácter químico o físico, la incineración destruye completamente todos los agentes microbiológicos, sean o no patógenos. Las temperaturas que se indican para el adecuado funcionamiento de los incineradores, no son con el propósito de lograr la completa destrucción de los agentes patógenos, sino con el propósito de minimizar las

emisiones a la atmósfera. Los agentes microbiológicos son destruidos a temperaturas relativamente bajas en comparación con las que se alcanzan durante la incineración de los residuos.

Más aún si los residuos sólidos hospitalarios no fuesen de carácter infeccioso, serían considerados como residuos no peligrosos, al igual que los residuos domiciliarios. De allí que si la incineración destruye completamente los agentes infecciosos, los residuos sólidos de este proceso también se consideran inocuos.

El perfil técnico del operador debe definirse en función de las actividades que debe desarrollar, ya que para fines prácticos la emisión de humos o de contaminantes sólidos, depende casi totalmente del personal responsable de la operación. Cuando se trata de residuos de bajo valor calorífico o con un alto contenido de humedad la emisión de humos es controlada, mediante la admisión y utilización del aire para la combustión, y de la correcta utilización de los quemadores secundarios para mantener la eficiencia de la cámara secundaria. El funcionamiento adecuado de esta cámara depende de la propagación de la fase luminosa de la flama, junto con la temperatura necesaria para la combustión de la fase gaseosa. La necesidad de utilizar los quemadores secundarios, generalmente se determina mediante la observación de la trayectoria de la flama desde la cámara de emisión y la extensión de la cobertura de la flama, tanto en el puerto de la flama como en el puerto del muro de cortina (curtain wall).

El aspecto más importante de la operación de los incineradores de cámaras múltiples, es el procedimiento para cargar los residuos dentro de la cámara de ignición. Se requiere que este procedimiento sea adecuado para reducir las emisiones de cenizas volátiles, para mantener una adecuada acción de la flama sobre los residuos en combustión y para evitar que la cama de combustible se adelgace en la parte posterior de la cámara de ignición, particularmente en los incineradores de grandes dimensiones. Antes de poner en operación el incinerador, es necesario que la parrilla y el foso colector de las cenizas sean limpiados. Si se deja que el foso se llene, la parrilla se sobrecalienta haciendo que se ablande, se doble y llegue a separarse de sus monturas. El quemador o quemadores secundarios deben encenderse minutos antes de que los residuos sean cargados para recalentar la cámara secundaria; las puertas de carga y de limpieza permanecen cerradas, y los puertos de aire se abren durante el periodo de precalentamiento. Si durante la ignición, las flamas de los quemadores secundarios son lanzadas hacia arriba y después hacia atrás a través del puerto de la flama, en vez de ser lanzadas hacia abajo a través de la cámara de mezclado, esto significa que hay una corriente inversa y los quemadores secundarios deben ser apagados. Este problema puede superarse fácilmente insertando un pequeño papel encendido en la cámara de combustión a través de la puerta de limpieza. La puerta para la limpieza debe ser cerrada y los quemadores secundarios tienen que ser encendidos. El papel encendido en la cámara de combustión proporciona suficiente calor para dirigir el movimiento del aire hacia arriba y ayuda a iniciar la adecuada operación de los quemadores. La carga inicial de los residuos debe llenar la cámara de ignición entre uno y tres cuartas partes de la distancia entre las parrillas y el arco; debe tenerse cuidado de que la porción superior de los residuos se encuentre por abajo de la apertura del puerto de la flama. La carga inicial debe encenderse en la parte superior y posterior, justamente por abajo de la apertura del puerto de la flama, después de lo cual la puerta de carga debe ser cerrada. El quemador primario en la cámara de ignición debe ser utilizado únicamente cuando los residuos son muy húmedos. Si se requiere la utilización de este quemador se deberá tener cuidado en que no sea bloqueado por los residuos. Mientras que el incinerador está apagado, los puertos de aire superior e inferior se abren hasta la mitad, después se abren gradualmente hasta su máxima apertura conforme el incinerador alcance una operación estable, durante su capacidad de combustión programada.

Si se requiere una vez que aproximadamente la mitad de la carga inicial de residuos ha sido incinerada, el resto de los residuos debe ser cuidadosamente atizado. Los residuos en incineración deben ser empujados tanto como sea posible hacia atrás de las parrillas. Esta operación debe efectuarse cuidadosamente para evitar la excesiva emisión de cenizas volátiles; después de esta operación pueden cargarse residuos adicionales al incinerador.

Los residuos deben cargarse hacia el frente de las parrillas y nunca sobre los residuos en combustión. Esto se debe a que de esta manera se evita sofocar el flujo de la flama a lo largo de la parte posterior de la cámara de mezclado. Conviene propagar las flamas de manera uniforme sobre la superficie

de los residuos recientemente cargados; de esta manera es posible minimizar las emisiones de humo. Este método de carga también reduce la necesidad de alzar o remover la acumulación de residuos, de tal manera que no se emitan, emitan muy pocas o no cenizas volátiles. Una vez que se ha cargado todo el material que se va a incinerar, la unidad de aire controlado inicia la combustión.

Cuando la última carga se ha reducido, a la mitad o menos de su tamaño original, todas las entradas de los puertos de aire hacia el incinerador deben ajustarse a la mitad de su abertura. Los quemadores secundarios se mantienen encendidos hasta que termina la emisión de humo de los materiales en las parrillas. Una vez que esto se lleva a cabo, todos los quemadores se apagan. Las emisiones de humos en la puerta de carga o en la puerta del pozo de las cenizas o de ambas, generalmente son producidas por una sobrecarga de residuos. Para corregir esta situación debe efectuarse secuencialmente las siguientes medidas:

1. - Si el quemador primario está funcionando inadecuadamente, deberá ser apagado.
2. - Revisar el horno y remover todos los materiales que bloqueen el puerto de la flama.
3. - Asegúrese de que la puerta de limpieza o las puertas en cualquiera de las cámaras secundarias del incinerador estén cerradas; esto mismo se aplica a cualquier puerto de aire sobre estas puertas.
4. - Deje que la cama de combustible opere a la profundidad normal y reduzca el ritmo de carga.

Los humos blancos emitidos en las chimeneas generalmente son producidos por la introducción excesiva de aire. Para evitar esta situación deben aplicarse secuencialmente los siguientes pasos hasta que cese el humo blanco:

1. - Encender el quemador de la cámara secundaria o verifique si aún está en operación:
2. - Cierre el puerto o puertos de aire secundarios.
3. - Cierre el puerto de aire bajo el fuego.
4. - Reduzca la abertura del puerto de aire sobre el fuego.
5. - Si no se utiliza toda la capacidad del quemador secundario, incremente gradualmente su operación hasta su máxima capacidad.
6. - Si todas estas operaciones fallan examine el material. En este caso probablemente se trata de un mineral.

El humo negro generalmente es causado por falta de aire para la conducción o por una tasa de combustión muy por encima de la capacidad del incinerador. Es necesario aplicar las siguientes medidas correctivas hasta que termine la emisión de humos negros:

- 1.- Si el quemador o quemadores primarios están en operación, deberán ser apagados.
- 2.- Abra el puerto o puertos de aire secundarios.
- 3.- Abra el puerto de aire que se encuentra arriba del fuego.
- 4.- Encienda el quemador de la cámara secundaria o verifique que este en operación.
- 5.- Si el humo negro persiste, abra gradualmente la puerta de carga hasta que este aproximadamente abierta un cuarto.
- 6.- Si todos estos pasos fallan, examine la composición del material que falta para ser cargado.

Si se cargan materiales altamente volátiles, como el hule o plásticos, en una proporción mayor que otros residuos menos volátiles, la tasa de combustión puede superar la capacidad del incinerador; por lo tanto estos materiales deben ser cargados en menor proporción. Mediante pruebas (ensayo y error) es posible determinar la cantidad que puede ser cargada en combinación con otros materiales. Generalmente los materiales altamente volátiles deben ser incluidos a una tasa de aproximadamente el 10% del peso total de la carga. Se ha encontrado que la colocación de estas indicaciones junto a los incineradores es de gran utilidad para promover su operación adecuada.^{3, 33}

6.2. COSTO-BENEFICIO EN LA APLICACIÓN DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS SOCIALES: COSTOS DIRECTOS DE LAS EMPRESAS, COSTOS GUBERNAMENTALES Y COSTOS INDIRECTOS.

Los costos sociales en la aplicación de esta norma dependen del número de hospitales públicos y privados que decidan utilizar este método como el procedimiento idóneo para el tratamiento de sus residuos, así como del costo de los equipos de incineración, manejo y mantenimiento, así como los gastos indirectos que se asocian al posible deterioro ambiental a causa de las emisiones a la atmósfera. Es conveniente notar que en general los equipos de incineración están ubicados en los hospitales de mayores dimensiones con capacidad para adquirir y dar mantenimiento a estos equipos. Las unidades del segundo y tercer nivel que son las generadoras de residuos hospitalarios peligrosos son alrededor de 696 y 103 respectivamente, es decir un total de 799 en el sector público. Los 1790 establecimientos privados en nuestro país son en su gran mayoría de pequeñas dimensiones, sin espacio físico para instalar un incinerador y con muy baja capacidad técnica para su manejo. En el Distrito Federal solamente se identificaron dos hospitales privados con incinerador; el resto no tiene planeado adquirir ninguna. En el caso de los hospitales públicos la mayoría de los incineradores se ubican en el Instituto Mexicano del Seguro Social, en el ISSSTE y en la Secretaría de Salud. De acuerdo a la información obtenida para la elaboración de este estudio, alrededor de la mitad de estas Instituciones tiene ya un incinerador, por lo que no requiere la adquisición de estos equipos. En el caso de estos hospitales sus gastos se reducirían a capacitación y mantenimiento. Por esta razón basaremos nuestro cálculo en que aproximadamente 100 hospitales tendrían la opción de adquirir un equipo de incineración para cumplir con esta norma; de esta cifra solo se esperaría que una 10 fuesen de tipo privado.

Si se asigna un valor estimativo actual de alrededor de \$400,000 por el costo de cada incinerador y también un costo de alrededor de \$50,000 anuales para mantenimiento, se podría efectuar una estimación de los costos sumando, los gastos relativos al monitoreo y vigilancia de la norma. Los costos indirectos asociados a las emisiones deben considerarse mínimos, ya que la norma tiene previstos estrictos límites de emisión de contaminantes atmosféricos. En función de lo anterior los costos estimados se muestran en el siguiente cuadro^{2,3}

TABLA 27. COSTOS SOCIALES Y COSTOS DIRECTOS DE LAS EMPRESAS, COSTOS GUBERNAMENTALES Y COSTOS INDIRECTOS.

TIPO DE COSTO	EQUIPOS	PERSONAL	TOTAL
	(Millones de pesos)		
Directo			
Privado	4.0(1)	0.3 (2)	4.3
Público			
Hospitales	4.0(3)	1.5 (4)	41.5
Monitoreo y Vigilancia			
Indirectos: por posible deterioro ambiental.		1.0(5)	1.0
Acciones de vigilancia y control:	1.0		1.0
Costo Social	44.0	3.8	47.8

(1) 10 incineradores por \$400,000

(2) 10 hospitales por \$30,000 anuales por mantenimiento y operación.

(3) 100 incineradores por \$400,000.

(4) 190 establecimientos (100 de reciente adquisición más 90 en funcionamiento) x \$50,000 anuales por mantenimiento y operación.

(5) Monitoreo y Vigilancia de emisiones de 200 establecimientos x \$5,000.

6.3. ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DERIVADOS DE LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES Y LA CONSIGUIENTE MEJORÍA DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE, EMPLEANDO ALGUNOS DE LOS MÉTODOS DESARROLLADOS PARA MONETIZARLOS.

El beneficio que se obtiene del adecuado tratamiento de los residuos hospitalarios peligrosos puede estimarse principalmente en función de la posible reducción de los casos de enfermedad, y consecuentemente del ahorro en la atención médica y en el aumento en la productividad. Esto se debe a que la peligrosidad de estos residuos se asocia a su naturaleza infectocontagiosa. De alrededor de 14 millones de pacientes atendidos al año, aproximadamente 4 millones de casos pueden asociarse a problemas ambientales. Resulta razonable estimar que una cifra mínima del 5% de estos casos podría estar expuesto a estos residuos, lo cual equivale a 200 mil personas. Este número estaría integrado por un número relativamente pequeño de individuos altamente expuestos y un grupo mayor de la población general. Una cifra conservadora de \$ 100 por costos diarios de hospitalización, más el impacto económico en la productividad con costo mínimo de \$ 200. Esta estimación es de carácter conservador en el sentido de que los mayores beneficios, que pueden expresarse de manera monetaria sólo se refieren a la disminución de las enfermedades infecciosas. Otros beneficios de difícil estimación monetaria se refieren por ejemplo, al mejoramiento del nivel de vida y a la estética urbana. Ahora bien como la incineración no se aplicará de manera general en todo el país, sino que estará restringida principalmente a los grandes centros hospitalarios y tomando en consideración la proporción actual de hospitales que utilizan este procedimiento, es necesario establecer que el beneficio de la aplicación de la norma se limitará a la mitad de los individuos expuestos a tales residuos, es decir alrededor de 100,000 individuos. Los datos se muestran en el siguiente cuadro.

TABLA 28. ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DERIVADOS DE LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES

BENEFICIO (AHORRO EN COSTOS)	MILLONES DE PESOS
Atención Médica	30.0 (1)
Impacto en la productividad	20.0 (2)
Total	50.0

(1) \$300 X 100,000 individuos

(2) \$200 X 100,000 individuos^{2,3}

6.4. APLICACIÓN DE TASAS DE INTERÉS A LA CORRIENTE ANUALIZADA DE COSTOS Y BENEFICIOS PARA DETERMINAR EL VALOR PRESENTE NETO.

Al contrastar los costos contra los beneficios en un periodo de 5 años se observa que al principio existe un beneficio relativamente pequeño, pero que al acumularse durante el tiempo, hace que el beneficio sea cada vez mayor. Sin embargo, como los equipos tienen una vida media de 10 años aproximadamente, al 5º año deben efectuarse gastos nuevamente para dar mantenimiento mayor y para la renovación del equipo, sobre todo cuando está sometido a grandes esfuerzos o no es operado correctamente o bien cuando existen defectos de la fabricación. Esto hace que se presente un ciclo en el cual los beneficios logrados deben formar parte de la inversión o costos, de tal manera que el beneficio no aumenta indefinidamente. No obstante, a lo largo del tiempo el beneficio excede a los costos efectuados.^{2,3}

TABLA 29. APLICACIÓN DE LAS TASAS DE INTERÉS ANUALIZADA DE COSTOS Y BENEFICIOS PARA DETERMINAR EL VALOR PRESENTE NETO

AÑO DE APLICACION	COSTOS	BENEFICIOS	BENEFICIOS NETOS
	(MILLONES DE PESOS)		
1°	47.8	50.0	2.2
2°	47.8	50.0+2.8	5.0
3°	47.8	50.0+6.5*	8.7
4°	47.8	50.0+11.1*	13.3
5°	47.8+15.0**	50.0+14.3*	1.7
6°	47.8+1.8***	50.0	0.4

*corresponde al beneficio neto del año anterior, más la tasa de interés.

**corresponde al aumento del costo por la renovación y adquisición de equipo.

***corresponde al exceso del costo del año anterior más la tasa de interés.^{2,3}

6.5. JUSTIFICACIÓN DE QUE LA NORMA OFICIAL MEXICANA ES LA MEDIDA COSTO-EFECTIVIDAD IDÓNEA PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN.

Lo idóneo para el tratamiento de los residuos hospitalarios debe contemplarse desde una perspectiva de complementariedad con el resto de los procedimientos disponibles para el tratamiento de estos residuos; la incineración debe juzgarse con relación a la conveniencia de combinar su aplicación con la norma relativa, la esterilización y en su caso aún con la disposición de rellenos sanitarios controlados.

La utilización de incinerados hospitalarios se ha convertido en un asunto controversial, ya que los grandes establecimientos hospitalarios de segundo y tercer nivel se ubican en los centros urbanos, sitios que resultan más afectados por la contaminación atmosférica. A esto hay que añadir el problema del costo de los equipos, mantenimiento, capacitación de operadores y supervisores, y de la asesoría técnica que se requiere para el manejo de estos equipos. Además se deben cumplir con las normas de emisión, existiendo la posibilidad de recibir alguna sanción. Como se ha indicado las cargas de residuos hospitalarios contienen cantidades significativas de compuestos halogenados. La mayor parte de los productos desechables están hechos de polietileno, polipropileno o poliestireno, es decir de material formado por oxígeno, hidrógeno y carbono. El PVC, el teflón y otros plásticos halogenados al ser incinerados emiten cloro y flúor, que se convierten en ácidos corrosivos. Sin embargo, frente a este panorama que parecería provocar un rechazo hacia la utilización de esta tecnología, existen otras consideraciones que requieren ser evaluadas y analizadas convenientemente.

Las tendencias internacionales se orientan hacia una mayor utilización de la incineración, complementadas siempre que sea posible con el reciclamiento. Esta situación tiene explicaciones muy justificadas. Conforme los equipos se han hecho más eficientes se ha logrado minimizar en extremo su impacto ambiental y se han convertido en económicamente redituables. Este avance tecnológico en la eficiencia de los incineradores hospitalarios ha sido impulsado en los países industrializados por la creciente dificultad de eliminar estos residuos y los rellenos sanitarios municipales, por los costos de la recolección y transporte, y por la normatividad ambiental cada vez más estricta. En estudios sobre este problema se ha encontrado que para hospitales de 400 a 500 camas, la incineración puede anular todos los costos asociados a la disposición de estos, pues permite incinerar todos sus residuos (infecciosos y no infecciosos) y así recuperar el calor para poner a trabajar sus calderas. Es decir, en estos hospitales los residuos son utilizados como combustibles para la generación del vapor que todo establecimiento hospitalario requiere. De hecho existen hospitales en los EUA que aceptan residuos de establecimientos comerciales a fin de disponer de suficientes "combustibles" para su sistema de incineración.

En estimaciones económicas (Guarnieri M. Multichem Corporation. Disposal of Infectious Waste in Medical Care Facilities 1990) para hospitales de 100-200 camas, cuya cantidad de residuos generados no es suficiente para recuperar calor, la incineración puede resultar mucho más barata que la esterilización

mediante las tradicionales autoclaves. Según estas estimaciones hace algunos años costaban aproximadamente 100 dólares esterilizar una yarda cúbica de residuos en un esterilizador de capacidad media, contra 80 ó 50 dólares, dependiendo cada estado de la Unión Americana.

Esto se explica porque una de las desventajas más importantes de la esterilización es que los equipos disponibles tienen mucho menor capacidad que la incineración. La otra gran ventaja de la incineración en comparación con la esterilización es su nivel de efectividad. Si la esterilización de los residuos no se conduce adecuadamente, hasta un 30% de los residuos puede permanecer sin esterilización. Más aún en estos casos puede ocurrir, que el calor y el vapor en cantidades insuficientes para lograr la esterilización, sirvan en realidad para que los microorganismos crezcan más rápidamente

Resulta por lo tanto evidente que la incineración puede ser en realidad una alternativa para el tratamiento de los residuos hospitalarios, pues al igual que los otros métodos existentes tienen ventajas y limitaciones. Es importante notar que otros métodos como la disposición en rellenos sanitarios también tiene un alto costo económico y múltiples efectos contaminantes, ya sean en el sitio de la disposición final o bien durante su transportación.

Un aspecto fundamental para la selección de cualquier tipo de tecnología es su costo económico comparado contra los beneficios que proporciona. Al considerar el costo debe tenerse en cuenta no solamente la inversión inicial, sino también los gastos de operación, mantenimiento y capacitación del personal encargado de operar el equipo de incineración. La queja más frecuentemente expresada en los hospitales públicos y privados, respecto a la dificultad para que los equipos de incineración funcionen adecuadamente es de carácter económico. Sin embargo la interpretación que se puede dar a este fenómeno es el adecuado tratamiento de los residuos infecciosos, todavía forma parte de las prioridades de los establecimientos hospitalarios, ya que tampoco en hospitales privados que cuentan con recursos económicos suficientes, existe inversión en este rubro. A continuación se señalan los precios y características de los equipos de incineración que en el momento actual se producen en nuestro país³.

TABLA 30. PRECIOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE INCINERACIÓN

FABRICANTE "A"	FABRICANTE "B"
<u>- TIPO: HORNO CREMATORIO</u>	<u>- TIPO: HORNO CREMATORIO</u>
CAPACIDAD: 675 dm ³ /día	CAPACIDAD : 30 KG/HR
VOLUMEN DE RESIDUOS POR CARGA: 90 dm ³ /día.	COSTO TOTAL: \$ 97,170.00
TRIPLE CÁMARA DE RETENCIÓN	<u>- TIPO: HORNO CREMATORIO</u>
COMBUSTIBLE: GAS	CAPACIDAD : 45 KG/HR
COSTO TOTAL: \$ 65,100.00	COSTO TOTAL: \$ 152,000.00
<u>- TIPO HORNO CREMATORIO</u>	<u>-TIPO: HORNO CREMATORIO</u>
CAPACIDAD : 3 375 dm ³ /día	CAPACIDAD : 60 KG/HR
VOLUMEN DE RESIDUOS POR CARGA: 450 dm ³ /día DECIMETROS CUBICOS	COSTO TOTAL: \$ 167,000.00
<u>TRIPLE CÁMARA DE RETENCIÓN</u>	<u>-TIPO: HORNO CREMATORIO</u>
COMBUSTIBLE: GAS	CAPACIDAD : 150 KG/HR
COSTO TOTAL: \$ 84,565.00	COSTO TOTAL: \$ 250,000.00.

Como puede observarse existen en el mercado nacional incineradores fabricados en el país con diferentes capacidades y precios, pero sin indicación de sus especificaciones.

Estos hornos son del tipo de horno rotatorio (rotary kiln) de cámaras múltiples con control húmedo de gases y partículas, o de aire controlado completamente automatizados. El diseño de los incineradores antes mencionados esta planeado para llevar a cabo una combustión con una eficiencia de más del 98%. El único proveedor de equipo importado que fue posible identificar indicó que sus equipos cumplen con las normas de emisión de contaminantes atmosféricos vigentes en Europa. Sin embargo, hasta el momento de formular este informe aún no se había instalado ninguno de estos equipos en México.

Esta empresa no proporcionó datos precisos en cuanto a costos, pero indicó que superan los \$500,000.00. El costo de un equipo de incineración que reúna las características de operación, y eficiencia necesarias para tratar adecuadamente los residuos hospitalarios infecciosos, debe involucrar en su diseño un alto grado de automatización como por ejemplo, el incinerador importado tipo modular de aire controlado.³

6.6. DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA Y LOS CRITERIOS PROGRAMÁTICOS PARA SU APLICACIÓN.

CONDICIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA.

Utilización de la Tecnología Apropriada.

Al comparar la incineración (la destrucción de residuos mediante la aplicación de calor) con otras opciones de tratamiento final como es el relleno sanitario, las ventajas más destacadas son:

El volumen y peso de los residuos, se reducen a una fracción mínima de su tamaño original.

La reducción del volumen es inmediata; no requiere largos periodos de residencia, como es el caso del relleno sanitario.

Los residuos pueden ser tratados in situ, sin necesidad de que sean trasladados a sitios distantes, evitando los problemas del transporte de tales residuos.

Con la adecuada tecnología las emisiones atmosféricas pueden ser controladas con una alta efectividad y con un impacto negativo mínimo a la atmósfera.

La incineración requiere un área de desecho pequeña.

Utilizando las técnicas de recuperación de calor, los costos de operación pueden reducirse debido al ahorro de energía, y además se evitan las emisiones a la atmósfera de los sistemas de calentamiento que dejan de utilizarse.

Para lograr lo anterior, el tratamiento de residuos mediante la incineración se debe llevar a cabo bajo condiciones de operación controladas, minimizando las emisiones de partículas, gases peligrosos y reduciendo a cenizas la fracción no combustible de los residuos. Las conductas institucionales para la regulación y control de la incineración consisten por lo tanto en la minimización de sus impactos negativos y en la optimización de sus beneficios. Para esto es indispensable orientar los esfuerzos institucionales en dos sentidos, uno directamente hacia la tecnología y el otro hacia las prácticas en la utilización de estos equipos.

El principio muy difundido en el ámbito internacional de "La Mejor Tecnología Disponible" para la protección ambiental, también se ha generalizado respecto a la incineración de los residuos hospitalarios. Cuando se habla de la mejor tecnología disponible se está haciendo referencia a aquella tecnología que tiene incorporados los avances más recientes para cumplir satisfactoriamente los límites de emisión y además cuyo funcionamiento normal permite minimizar los impactos negativos al ambiente que no pueden ser cuantificados o bien que no están incluidos en la norma. Una característica propia de la mejor tecnología disponible es el ahorro económico, pues este tipo de tecnología debe ser más eficiente al menor costo, por la sencilla razón de que si no cumple esta condición, no es la mejor tecnología disponible. Es decir los costos no deben medirse exclusivamente en función de la inversión inicial, sino también en función de la vida media del equipo, su eficiencia, ahorro de energía y el costo de su mantenimiento. Este principio tiene la virtud de establecer las bases para una búsqueda continua del mejoramiento de la tecnología y por lo tanto de proteger cada vez más adecuadamente el ambiente. Esta meta que en principio

podría parecer poco realista para nuestras condiciones constituye un medio muy eficaz para el adecuado control de las emisiones contaminantes.

La dificultad para aceptar este principio es que el manejo de los residuos hospitalarios no ha recibido la atención, ni el cuidado que se merecen, se encontró que solamente en una institución del sector público estaba instalando un incinerador de alta tecnología; en los hospitales privados de mayores recursos económicos tampoco se dispone de incineradores modernos. Aunque existe consenso general respecto a la necesidad de incorporar la mejor tecnología disponible para las actividades médicas, en todos los hospitales visitados se expresaron serias dificultades y reticencias para la adquisición y mantenimiento de los equipos de incineración. Esta situación no es totalmente imputable a los establecimientos hospitalarios, ya que hasta el presente no se ha desarrollado una normatividad específica, ni se ha llevado a cabo una acción de las dependencias competentes en ese sentido. Es decir, es indispensable que mediante una acción de concertación y una normatividad adecuada se acepte por parte de las instituciones de salud la necesidad de adquirir la mejor tecnología disponible.

La realidad es que gran parte de los equipos actualmente en uso son obsoletos y con un gran rezago tecnológico. Al respecto hay que advertir que una dificultad importante para la modernización de esta tecnología se relaciona con los equipos de fabricación nacional. De los dos tipos principales de incineradores para residuos hospitalarios, son los de cámaras múltiples con exceso de aire y los incineradores de aire controlado, en nuestro país solo se producen los primeros. En ninguno de los equipos de fabricación nacional, nos ha sido posible encontrar cuál es el nivel de eficiencia en el control de emisiones que garantiza el fabricante.

Además el bajo nivel de automatización de los equipos nacionales dificulta su adecuada operación de parte de los propios usuarios. Se requiere por lo tanto que las instituciones reguladoras no sólo concentren sus esfuerzos en la aplicación directa de la normatividad, sino que también favorezcan la modernización de los equipos nacionales, a fin de que su propio diseño les permita cumplir con las normas ambientales. En resumen lo relativo a la tecnología implica los aspectos, uno el diseño y eficiencia del equipo para satisfacer determinados límites de emisión y otra su operación adecuada para que el equipo funcione de acuerdo a los parámetros establecidos. La primera tarea corresponde a los fabricantes y la segunda a los usuarios de estos equipos. Estos dos componentes es de importancia básica para las conductas institucionales necesarias para una adecuada regulación de la incineración de los residuos hospitalarios.^{2,3}

CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OPERACIÓN.

Los tres requisitos técnicos fundamentales para garantizar un adecuado control de la incineración y que deben formar parte de las acciones de inspección de los establecimientos se refieren, a la capacitación del personal, monitoreo y mantenimiento.

Uno de los hallazgos más relevantes, fue la falta de capacitación del personal responsable de operar estos equipos. Esto se manifestó no sólo en el desconocimiento técnico de la operación del equipo, sino en muchos casos un bajo nivel de escolaridad. La capacitación ofrecida por los fabricantes se concreta a indicaciones generales sobre el encendido y apagado del incinerador, carga de residuos y descarga de cenizas, algunas medidas de seguridad y algunos otros aspectos generales. En las instrucciones no se ofrecen indicaciones sobre aspectos fundamentales como las tres "T" (tiempo, temperatura y turbulencia), para garantizar una adecuada combustión. La capacitación técnica debe incluir dos aspectos fundamentales, uno se refiere al conocimiento de los principios básicos de la combustión y el otro a la correcta operación de los equipos. En el caso de la incineración no basta conocer la operación de los equipos, sino que se requiere un conocimiento de los principios básicos de la combustión, como es el valor calorífico de los residuos, las emisiones que genera el proceso de combustión, diseño del incinerador, etc. Como la capacitación del personal puede resultar un problema para establecimientos pequeños, se ha sugerido la conveniencia de que los centros hospitalarios de mayores dimensiones les presten este servicio. Es fundamental para las instituciones reguladoras garantizar que esta capacitación se lleve a cabo.

El criterio fundamental para disponer de un servicio de mantenimiento debe ser el conservar las especificaciones del funcionamiento de los equipos. Hasta el presente los hospitales se ven obligados a solicitar mantenimiento correctivo debido a problemas en el equipo, como la descompostura de algún quemador o defecto en la estructura de las paredes refractarias del horno. Sin embargo hace falta favorecer el mantenimiento correctivo equivalente a la afinación (tune-up), de tal manera que los equipos se mantengan en las mejores condiciones de funcionamiento.

El monitoreo depende de los límites de emisión que se establezcan. En el caso de la incineración al igual que ocurre con otras fuentes fijas debe tener una regularidad determinada, ajustándose a los lineamientos específicos de control de calidad y de certificación por parte de la autoridad competente. Conviene notar que aunque el monitoreo es la prueba final para demostrar que un equipo cumple con los límites de emisión, sólo se realiza ocasionalmente. Para subsanar este problema en diversos países industrializados o en regiones de esos países existen disposiciones reglamentarias que exigen el monitoreo continuo de algunos contaminantes como el CO. En el caso de nuestro país se recomienda, y así se propone en la norma, el monitoreo continuo de la temperatura en la cámara secundaria. Esto resulta de particular importancia, porque si este parámetro se cumple junto con el tiempo de residencia, entonces existen evidencias de que los gases en la cámara secundaria están siendo adecuadamente incinerados.

A continuación se señalan los resultados de los trabajos de investigación más relevantes para demostrar las condiciones bajo las cuales la incineración efectivamente destruye de manera eficiente y segura los residuos infecciosos. Estos resultados junto con las experiencias y tendencias de la normatividad internacional, sirven de base para las especificaciones y condiciones de operación de los equipos de incineración de residuos hospitalarios. Los criterios más recientes para el funcionamiento del incinerador incluyen los siguientes aspectos:

1. - Eficiencia de la combustión.
2. - Destrucción de los Residuos.
3. - Temperatura.
4. - Tiempos Mínimos de Retención de Gases en la Cámara Primaria y Secundaria.

Todo incinerador, requiere ser operado adecuadamente para minimizar el nivel de emisiones. Para el logro de este propósito se requiere una adecuada capacitación del personal responsable de su operación, mantenimiento y supervisión. La recomendación anterior parece de difícil cumplimiento en el corto plazo, ya que la experiencia nacional en la incineración de residuos municipales es bastante escasa y más aún relativa a residuos hospitalarios. Una opción conveniente para aquellas instituciones hospitalarias que disponen de equipo relativamente reciente y que los utilizan de manera intermitente, pueden prestar este servicio a otras instituciones que así lo requieran. Esto serviría para que con los recursos obtenidos se pueda disponer de personal capacitado y se logre hacer más eficiente el proceso, evitando las variaciones en los niveles de emisión que se observan en el encendido, precalentamiento y apagado de los equipos, sobre todo cuando son de pequeñas dimensiones.

Los límites de emisión de los contaminantes constituyen el aspecto central de esta norma; la vigilancia de su cumplimiento es tarea primordial de las autoridades competentes.³

6.7. FUNDAMENTACIÓN JURÍDICA.

Los ordenamientos jurídicos que sirven de base para el establecimiento de esta norma son:

1. - LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.
2. - REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.
3. - LAS NORMAS TÉCNICAS ECOLÓGICAS: NTE-CCAT-005/88, NTE-CCAT-007/88, NTE-CCAT-0088/88 Y NTE-CCAT-009/88.
4. - LA NORMA OFICIAL MEXICANA Z-13, 19977.

La NTE-CCAT-005/88 es la Norma Técnica Ecológica que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxido de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de diesel en fuentes fijas.

La NTE-CCAT-007/88 es la Norma Técnica Ecológica que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, Monóxido de carbono, bióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de combustóleo en fuentes fijas.

La NTE-CCAT-008/88 es la Norma Técnica Ecológica que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de proceso de combustión de gas natural en fuentes fijas.

La NTE-CCAT -009/88 es la Norma Técnica Ecológica que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

En el numeral XXVII del artículo 3º de la Ley General del Equilibrio Ecológico se define a los residuos peligrosos como "todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes representan un peligro para el equilibrio biológico o el ambiente. Evidentemente que los residuos infecciosos caen dentro de esta definición y por ende toda la legislación que para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos, requerirá de la autorización previa de la Secretaría.

El artículo 152 puede considerarse como el antecedente directo en cuanto establece que los materiales y residuos que se definan como peligrosos para el equilibrio ecológico deberán ser manejados con arreglo a las normas técnicas ecológicas y procedimientos que establezca la Secretaría. En cuanto a las emisiones contaminantes, esta norma tiene también como antecedente directo del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica y es complementaria de las Normas Técnicas Ecológicas descritas anteriormente. Hasta el presente la norma que se ha venido aplicando a los procesos de incineración es la NTE-CCAT-009/88. Sin embargo, es evidente que esta norma es demasiado general para aplicarse a los procesos de incineración. Resulta por lo tanto indispensable la implementación de una norma que regule tanto la manera de llevar a cabo el proceso de incineración como los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes.

De acuerdo al artículo 171 del Capítulo IV de la Ley General del Equilibrio Ecológico se harán acreedoras a sanción las violaciones a los preceptos de la Ley General del Equilibrio Ecológico, sus disposiciones y reglamentos que de ella emanen, constituyen infracción y serán sancionadas administrativamente por la Secretaría en asunto de su competencia con la Federación no reservados expresamente a otra dependencia, y en los demás casos por las autoridades en las entidades federativas y de los municipios en el ámbito de sus competencias, y conforme a las disposiciones legales que se expidan.

Por lo tanto todos los establecimientos generadores de residuos infecciosos deberán apearse a las disposiciones antes mencionadas que se apliquen, así como a las mencionadas en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

Por lo que respecta a las emisiones que se generan en el proceso de incineración según el artículo 185 capítulo VI de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera se hará acreedor a una pena de un mes a cinco años de prisión y multa por el equivalente de 100 a 10,000 días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal, al que con violación a lo establecido en las disposiciones legales, reglamentarias y normas técnicas aplicables, despidan, descargue en la atmósfera gases, humos y polvos que ocasionen o puedan ocasionar daños graves a la salud pública, a la flora, fauna o a los ecosistemas. Por lo tanto, como en la incineración de residuos hospitalarios se generan emisiones de contaminantes a la atmósfera, cualquier establecimiento que cuente con un equipo destinado al tratamiento de residuos hospitalarios deberá cumplir con los artículos anteriormente citados, en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.

Requisitos Técnicos: Aunque el funcionamiento de un incinerador puede evaluarse mediante el monitoreo de sus emisiones, hay que tomar en cuenta las limitaciones de este procedimiento, ya que por su costo económico y complejidad técnica sólo se realiza ocasionalmente, en la mayoría de los casos con una frecuencia anual. Tal situación dificulta el establecimiento de un sistema de control permanente sobre estas fuentes. Otro aspecto por el cual constituye un procedimiento de control limitado se deriva del hecho de que solamente es posible medir un número reducido de contaminantes; de allí la importancia de normar los aspectos básicos de la operación de los equipos, pues de esa manera es posible lograr un mecanismo de control continuo y un abatimiento general de todas las emisiones aunque éstas no se midan.

Lo anterior es particularmente cierto para el tratamiento de los residuos hospitalarios por incineración, es importante regular las condiciones de operación, ya que en gran medida el tipo y cantidad de emisiones depende del diseño y características del incinerador, así como de las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo el proceso. Por esta misma razón se incluyen la capacitación del personal y el registro diario de actividades. Los parámetros básicos regulados en la norma son la temperatura en las cámaras secundaria y primaria, el tiempo de residencia en la cámara secundaria y el tipo de incinerador. Como los requisitos de operación se ajustan al tipo de incinerador, es indispensable por lo tanto que esta norma se revise al paso del tiempo y se modifique sobre la base de las mejoras que se introducen sobre la base del principio de la "mejor tecnología disponible".

Límites de Emisión: La selección de los contaminantes que tienen que ser medidos y la determinación de los límites de emisión constituye uno de los aspectos más difíciles de resolver en una norma, situación que puede prestarse a múltiples controversias. Esto se ha juzgado conveniente porque el CO es un indicador de nivel de eficiencia de la combustión. Los valores máximos permisibles de emisión de partículas (100 mg/m^3) que se indican, se han formulado tomando como base los criterios más estrictos en el ámbito internacional para los incineradores con capacidad entre 250 kg/hr y 1000 kg/hr , considerando que los equipos de incineración hospitalarios más comunes caen dentro de esta categoría. Para que los equipos de incineración puedan cumplir con esta norma requieren de un diseño adecuado, de una operación cuidadosa y en su caso de equipos de control de emisión de contaminantes. El cumplimiento de estos límites de emisión permitirá que los establecimientos que utilicen estos equipos se ajusten al espíritu del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, que señala la prohibición de producir emisiones que puedan dañar gravemente la salud pública y los ecosistemas.^{2,3}

CRITERIOS PROGRAMÁTICOS PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA.

Los sectores que se verán afectados por la emisión de esta norma son: el Sistema Nacional de Salud incluyendo, Hospitales Privados, cualquier establecimiento que genere residuos infecciosos, los Fabricantes e Importadores de Equipos de Incineración, Laboratorios de Análisis Clínicos, Clínicas Veterinarias y de Investigación Biomédica. Resulta por lo tanto conveniente consultarles con la finalidad de determinar su disponibilidad de recursos técnicos y económicos para poder cumplir con los requerimientos que la nueva norma demanda. También resulta conveniente consultar a quienes comercializan, fabrican, instalan, operan o proporcionen mantenimiento a equipo de filtración, combustión y en general, de tratamiento de emisiones que contaminen la atmósfera. En principio se considera que la consulta debe incluir a las siguientes instituciones además de la SEDESOL, SECOFI, SSA, IMSS, ISSSTE, La Asociación Mexicana de Hospitales Privados, CANACINTRA y los fabricantes de incineradores por conducto de su cámara.

Las tres dependencias del Ejecutivo Federal con participación directa en la formulación de esta norma son la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Secretaría de Salud (SSA) y la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). A la SEDESOL compete la protección del ambiente, razón por la cual tiene como atribución específica la formulación de las normas y la vigilancia de su cumplimiento respecto a la disposición y tratamiento de estos residuos. A la Secretaría de Salud compete directamente la protección de la salud pública, por lo que junto con la SEDESOL tiene competencia directa con la normatividad de este tipo de residuos, ya que los seres humanos constituyen el principal grupo en riesgo.

En especial se deberá consultar a la S.S.A en lo referente a la salud humana con la finalidad de saber si los límites máximos permisibles son adecuados. Hay que tomar en cuenta que como esta Secretaría tiene bajo su responsabilidad la regulación de los establecimientos hospitalarios, su colaboración resulta de indudable utilidad para el cumplimiento de esta norma.

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial por su parte tiene competencia directa para la emisión de las normas oficiales y para la regulación de los materiales de fabricación, así como del diseño de los equipos; por lo tanto su participación no sólo es importante para emitir la norma, sino sobre todo para normar el diseño y especificaciones de estos equipos.

Queda claro por lo tanto que la formulación de esta norma requiere la consulta de las dependencias del ejecutivo anteriormente señaladas; pero lo más relevante es que esta consulta no sólo debe ser para cubrir el requisito formal de conocer y recibir opiniones, sino fundamentalmente para que cada dependencia del ejecutivo en el ámbito de su competencia contribuya al satisfactorio cumplimiento de esta norma. Las características de los equipos de incineración constituyen una condición básica para abatir las emisiones. Por lo tanto el período de consulta representa un mecanismo de gran utilidad para contribuir a que se establezca la normatividad en cuanto a las especificaciones en la fabricación de estos equipos, situación que si se logra, significará un avance muy importante para el control de esas emisiones.

Por lo que respecta al programa de consulta se recomienda la aplicación de dos etapas, la primera corresponde a la consulta de las partes interesadas sobre el contenido de la norma, y la segunda a la consulta sobre el plan para la implementación de la norma.

La consulta sobre el contenido de la norma debe centrarse en los aspectos técnicos y en los límites de emisión; una vez definidos estos aspectos se requiere que las partes interesadas emitan su opinión respecto a las etapas para la aplicación de la norma. En principio pueden considerarse las siguientes etapas para establecer el programa de consulta e implementación de la norma:

1. - Consulta a los Sectores Afectados.
2. - Difusión de la Norma.
3. - Período para la instalación, modificación o renovación del equipo de incineración, incluyendo la adaptación de los dispositivos anticontaminantes que permitan el cumplimiento de la norma.
4. - Capacitación y registro de los responsables de la operación de los incineradores.
5. - Notificación y registro de los Incineradores ante la autoridad competente.
6. - Verificación e inspección de los incineradores para determinar el cumplimiento de la norma.
7. - Promulgación de la norma por parte de la autoridad competente.

En la consulta referente a los contenidos de la norma, el sector cuya opinión resulta indispensable es el sector salud, porque tienen atribuciones legales en cuanto a los contaminantes de riesgo para la salud humana y porque a los establecimientos hospitalarios corresponde el cumplimiento de la ley. En particular es preciso discutir los niveles máximos permisibles propuestos, ya que es posible que se argumente que en virtud del escaso desarrollo tecnológico existente, esta norma resulta difícil de cumplir.

También se requiere la participación de los fabricantes y distribuidores para que tomen las previsiones necesarias para que los equipos tengan la eficiencia que la norma requiere. El otro aspecto que se requiere discutir con las partes interesadas se refiere al programa de implementación de la norma; como puede observarse el programa incluye desde una fase de difusión hasta la promulgación de la norma por parte de la autoridad competente. Las etapas propuestas han sido seleccionadas con el propósito de lograr el adecuado cumplimiento de la norma con el menor costo posible. Sin embargo los esfuerzos que se realicen serán sin lugar a dudas de un gran beneficio no sólo para lograr el cumplimiento de los aspectos reglamentarios, sino sobre todo para favorecer y estimular la aplicación de procedimientos y prácticas capaces de lograr una efectiva minimización de las emisiones a la atmósfera y un tratamiento efectivo de los residuos infecciosos.^{2,3,14}

CAPÍTULO VII

METODOLOGÍA

- Consultar los diferentes centros de Información en los cuales se puedan obtener datos acerca de los residuos biológico-infecciosos.
- Recopilación de la información Nacional e Internacional relacionada con la separación, envasado, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos biológico-infecciosos.
- Elaboración de un cuestionario, con el propósito de identificar las áreas, cantidad y tipo de residuos generados en la FES-CAMPUS CUAUTITLÁN.
- Aplicación del cuestionario en los laboratorios de las asignaturas en las cuales se sospecha son generadoras de este tipo de residuos, las cuales pueden ser: ABC I, II y III, Microbiología General I y II, Farmacología I y II, Parasitología, Virología, Bacteriología, Inmunología, Micología, Bioquímica de Alimentos, Bioquímica de Sistemas, Genética Microbiana, Investigación y Posgrado
- Obtención de Resultados.
- Análisis de Resultados
- Conclusiones
- Propuestas.

CAPÍTULO VIII

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La información Nacional e Internacional recopilada acerca de la Normatividad, folletos, manuales y artículos, todo ello actualizados, obtenidos de los distintos medios de consulta incluyendo los electrónicos, se encuentran ahora en el Centro de Información para el Desarrollo Sustentable ubicado en el Centro de Asimilación Tecnológica, para consulta general.

Se estructuró un cuestionario, el cual se encuentra en las páginas siguientes. Se procedió a calcular el tamaño de la muestra considerando un total de 489 alumnos de la carrera de Q.F.B. que en ese momento estaban cursando las asignaturas donde se generan este tipo de desechos. Tomando como parámetros un nivel de Confianza del 95% y un margen de Error del 5%, se obtuvo un tamaño de muestra de 40 personas. Sin embargo, al tener la posibilidad de realizar más encuestas, y siendo relevante el conocer la opinión de la mayoría de la población, se consultó a los responsables de las asignaturas en las que se detectó la generación de desechos y una muestra de 70 alumnos distribuidos al azar entre las asignaturas relacionadas.

El cuestionario estructurado, se aplicó a los profesores responsables y alumnos que cursan las asignaturas: Bacteriología Diagnóstica y Genética Microbiana, Inmunología Especial e Inmunología Diagnóstica, Bioquímica de Sistemas, Microbiología I y II, Micología, Farmacología I y II, Análisis Bioquímicos Clínicos I, II, III, en Posgrado e Investigación. Con esto se desea saber cuáles son las que generan este tipo de residuos.

El 31.25% de los cuestionarios fueron respondidos por profesores y el 68.75% por alumnos.

CUESTIONARIO PARA EL INVENTARIO DE RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS.

Se elaboró el siguiente cuestionario con la finalidad de determinar la cantidad de residuos Biológico-Infecciosos que se generan en la FES-Cuautitlán.

1. Nombre de la Institución (Escuela, Hospital, Laboratorio, Etc.)

2. Tipo de Servicio

3. Nombre y Cargo

4. ¿ Es usted generador de Residuos Biológico-Infecciosos.

SÍ

NO

5. En caso afirmativo . ¿qué tipo de muestras manejan y cuál es el tratamiento que se lleva antes de ser eliminado?

(marque con una X)

RESIDUO	TRATAMIENTO	RESIDUO	TRATAMIENTO
Sangre		Orina	
Jeringas		Heceas	
Agujas		Lancetas	
Guantes		Cubre bocas	
Bisturi		Palillos	
Virus		Bacterias	
Pipetas		Hongos	
Tiras reactivas		Líquido cefalorraquídeo	
Reactivos de identificación		Cajas petri de vidrio	
Tubos de ensayo		Tubos de vidrio con taparroscas	
Hisopos		Cubreobjetos	
Portaobjetos		Tubos para vacutainer	
Asas bacteriológicas		Equipo de disección	
Suero, plasma, paquete, globular			

6. Existe un lugar específico donde se desechen este tipo de residuos, es decir algún depósito en especial.

7. Existen manuales o normas dentro de la Institución (Escuelas, Hospitales, Laboratorios, Etc.) que indiquen los procedimientos para el tratamiento y eliminación de los desechos potencialmente peligroso

8. En caso de que exista lo anterior descríballo brevemente.

9. Aproximadamente qué cantidad genera al día (kilogramos) de Residuos Biológico-Infeciosos .

10. Indique usted si utiliza algún método previo a la eliminación final de los residuos (Esterilización, Incineración o Relleno Sanitario).

11. Mencione si tiene alguna dificultad para llevar a cabo alguno de estos métodos.

12. Favor de indicar el servicio o departamento al que es posible dirigirse para cualquier aclaración en relación a las respuestas a esta encuesta.

Conforme el análisis de las respuestas a los cuestionarios se observó que alumnos y profesores coinciden en que el total de las asignaturas a las que se aplicó la encuesta (mencionadas anteriormente) son generadoras de residuos biológico-infecciosos.

De acuerdo a lo que determina la NOM 087-ECOL 1995 como residuos biológico-infecciosos, en nuestra facultad se generan: Sangre y sus derivados, cultivos de agentes infecciosos, objetos punzocortantes y patológicos (cadáveres de animales), lo cual puede observarse en las gráficas 1, 2, 3 y 4.

En el gráfico 1 se observa los tipos de residuos en forma general.

En el gráfico 2 los residuos de Análisis Bioquímicos Clínicos.

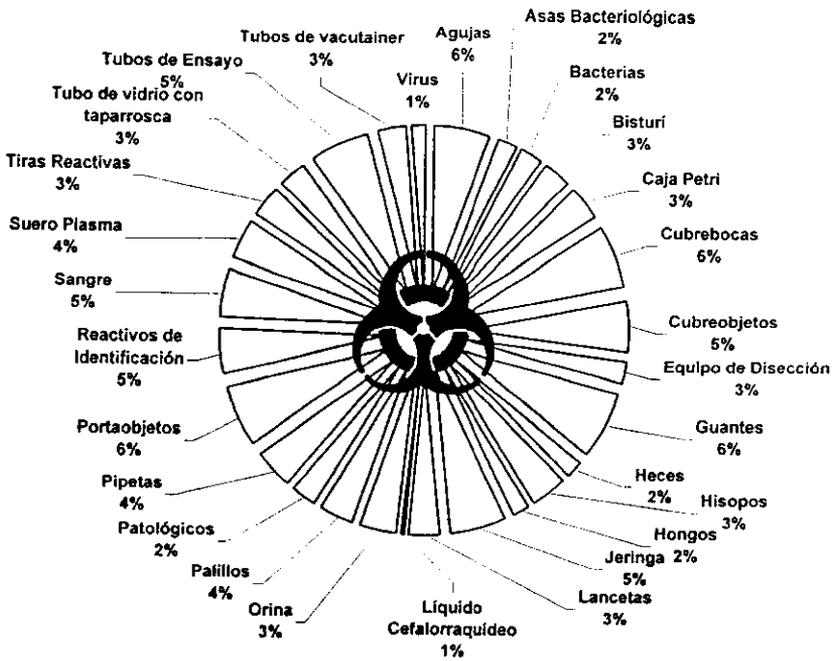
En el gráfico 3 los residuos de Farmacología.

En el gráfico 4 los residuos de Microbiología.

Los cuales se representan específicamente, por ser un ejemplo de las asignaturas generadoras de una mayor cantidad de este tipo de residuos con respecto a las otras asignaturas, en las que se llevó a cabo la encuesta.

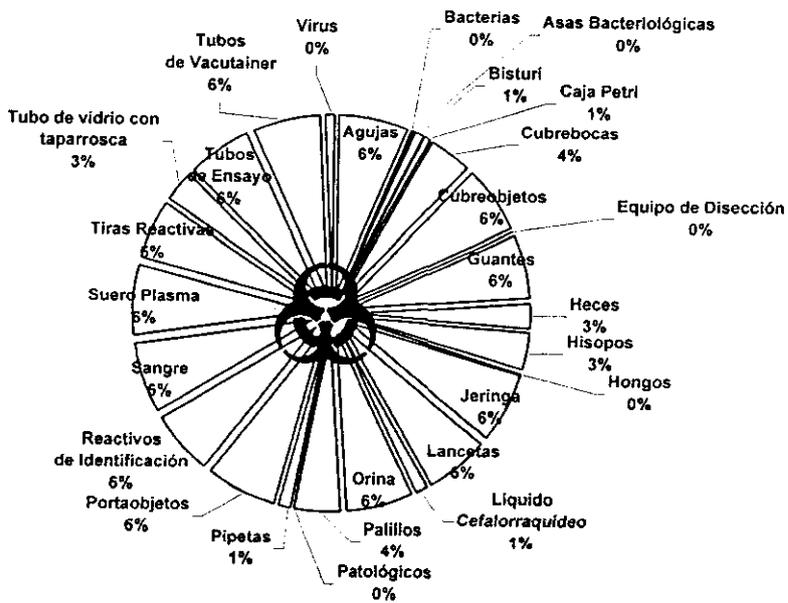
GRÁFICA 1

TIPOS DE DESECHOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS GENERADOS EN LA UNAM, CAMPUS CUAUTITLÁN



GRÁFICA 2

**TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS EN UN DÍA DE LABORES EN LA UNAM, CAMPUS
CUAUTILÁN, EN LA ASIGNATURA DE ABC.
(RESULTADO DEL CUESTIONARIO PARA EL INVENTARIO DE RESIDUOS
BIOLÓGICO-INFECCIOSOS, CONTESTADO POR ALUMNOS QUE LA CURSAN).**



GRÁFICA 3

TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS EN UN DÍA DE LABORES EN LA UNAM, CAMPUS CUAUTILÁN, EN LA ASIGNATURA DE FARMACOLOGÍA (RESULTADO DEL CUESTIONARIO PARA EL INVENTARIO DE RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS, CONTESTADO POR ALUMNOS QUE LA CURSAN.)

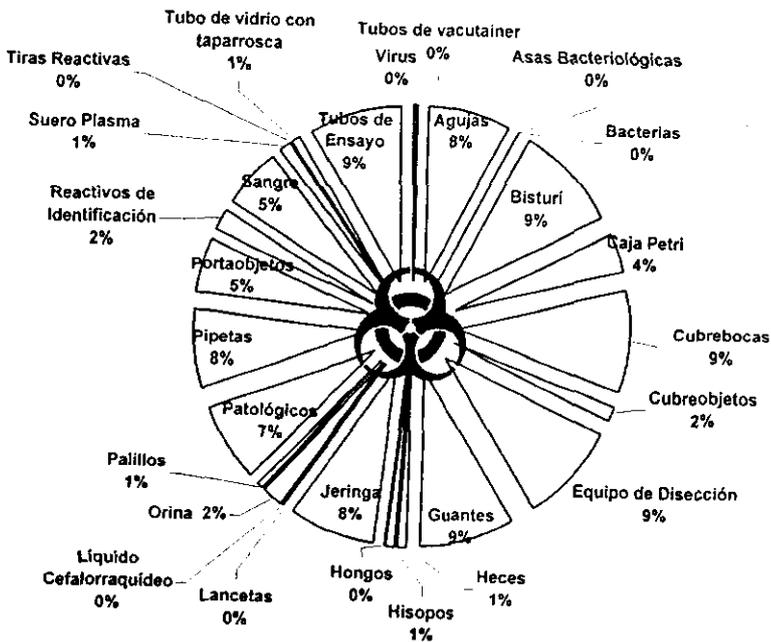
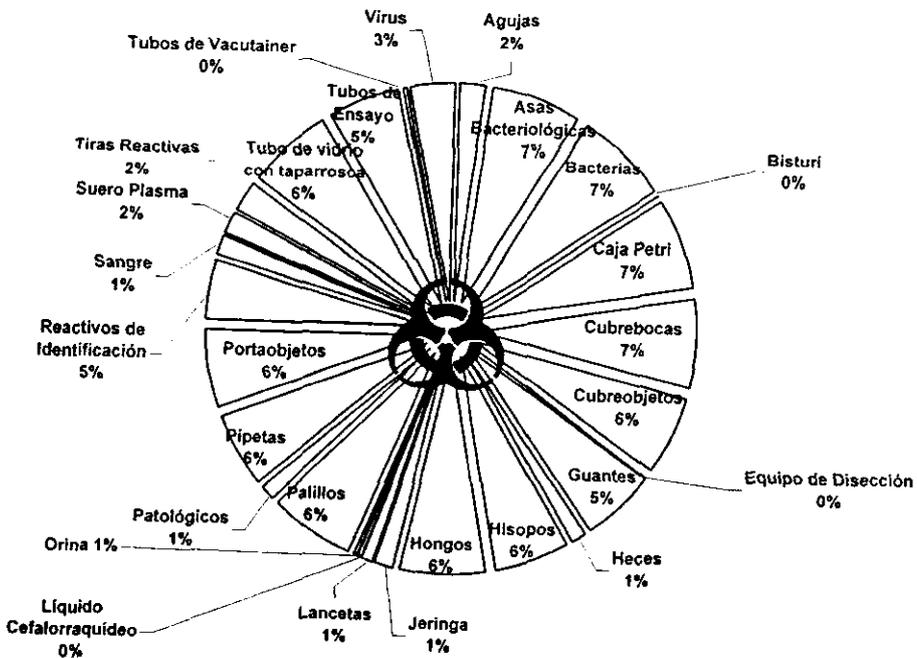


GRÁFICO 4

**TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS EN UN DÍA DE LABORES EN LA UNAM,
CAMPUS CUAUTITLÁN, EN LA ASIGNATURA DE MICROBIOLOGÍA.
(RESULTADO DEL CUESTIONARIO PARA EL INVENTARIO DE RESIDUOS
BIOLÓGICO-INFECCIOSOS, CONTESTADO POR ALUMNOS QUE LA CURSAN)**



Esto, además, nos da idea de lo que significa un día de labores, en los laboratorios de las asignaturas mencionadas.

Según lo respondido por los responsables de las asignaturas encuestadas, se genera un total de 277 Kg/semestre (Cuadro 1R), lo cual representa un riesgo potencial para la salud y el ambiente de nuestra comunidad.

CUADRO 1 R

RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS GENERADOS EN SUS DIFERENTES TIPOS POR LAS ASIGNATURAS

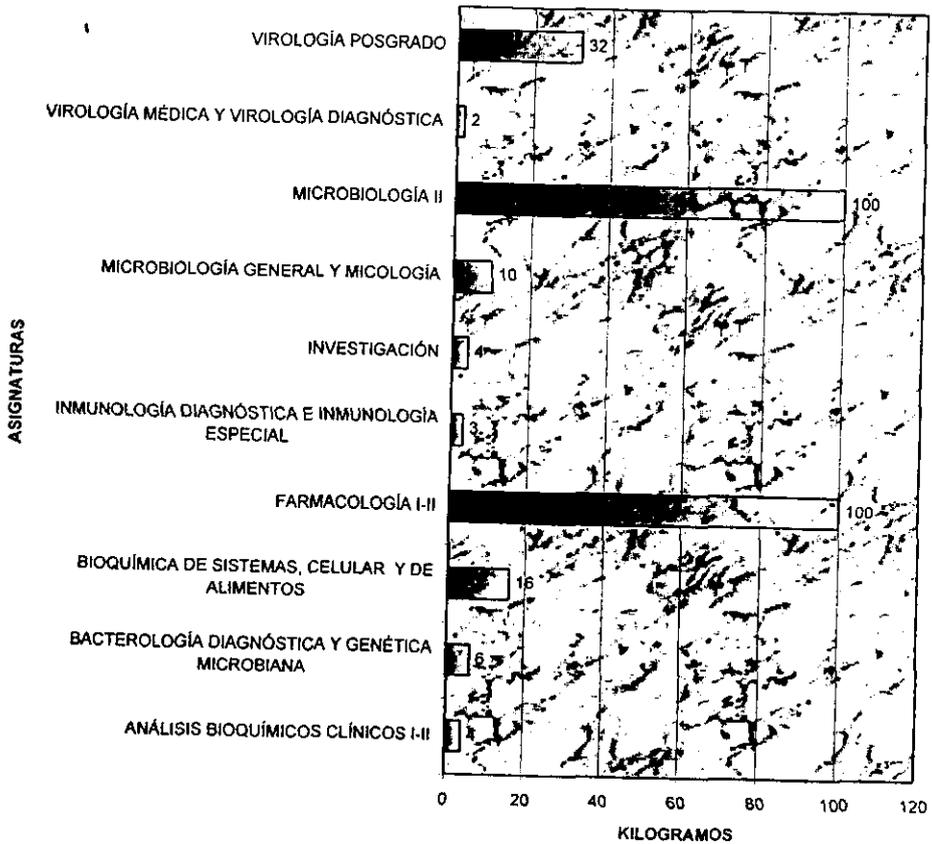
Asignatura	Residuos Generados=RG Kg/semestre	Tipo de residuo tratado y no tratado			
		Líquidos	Sólidos	Punzocortantes	Patológicos
ANÁLISIS BIOQUÍMICOS CLÍNICOS I-II	4	RT	RT	RT	NG
BACTERIOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y GENÉTICA MICROBIANA	6	RT	RT	RT	NG
BIOQUÍMICA DE SISTEMAS, CELULAR Y DE ALIMENTOS	16	RNT	RNT	RNT	RNT
FARMACOLOGÍA I-II	100	RNT	RNT	RNT	RNT
INMUNOLOGÍA DIAGNÓSTICA E INMUNOLOGÍA ESPECIAL	3	RT	RT	RT	NG
INVESTIGACIÓN	4	RT	RT	RT	NG
MICROBIOLOGÍA GENERAL Y MICOLOGÍA	10	RT	RT	RT	NG
MICROBIOLOGÍA II	100	RT	RT	RT	NG
VIROLOGÍA MÉDICA Y VIROLOGÍA DIAGNÓSTICA	2	RT	RT	RT	RNT
VIROLOGÍA POSGRADO	32	RT	RT	RT	NG
TOTAL DE RESIDUOS NO TRATADOS POR TIPO		2	2	2	3
TOTAL	277				

RT = RESIDUOS TRATADOS
RNT = RESIDUOS NO TRATADOS
NG = NO GENERA
TR= TIPOS DE RESIDUOS

La cantidad total de Residuos Generados, así como la cantidad generada por asignatura la podemos analizar en la Gráfica 5.

GRÁFICA 5

KILOGRAMOS DE RESIDUOS GENERADOS SEMESTRALMENTE EN ALGUNAS ASIGNATURAS DE LA FES CUAUTILÁN



En lo que respecta al tratamiento, los resultados indican que el 58% de los residuos generados reciben algún tipo de tratamiento y el 42% restante no lo reciben (según se observa en el cuadro 1 R).

Es muy importante resaltar que las cantidades mencionadas fueron dadas de acuerdo al criterio de las personas responsables de cada sección, mas no porque se lleve a cabo un registro en cuanto a la generación de estos residuos.

Estos residuos generados no son depositados en recipientes especiales, tampoco son almacenados en lugares específicos.

No existe un manual en el cual se indiquen los procedimientos para el tratamiento y eliminación final de los residuos.

Así que los residuos tratados y no tratados se juntan en la basura común. Lo cual es un problema, ya que ambos al ser depositados en el mismo lugar vuelven a ser residuos peligrosos biológico-infecciosos.

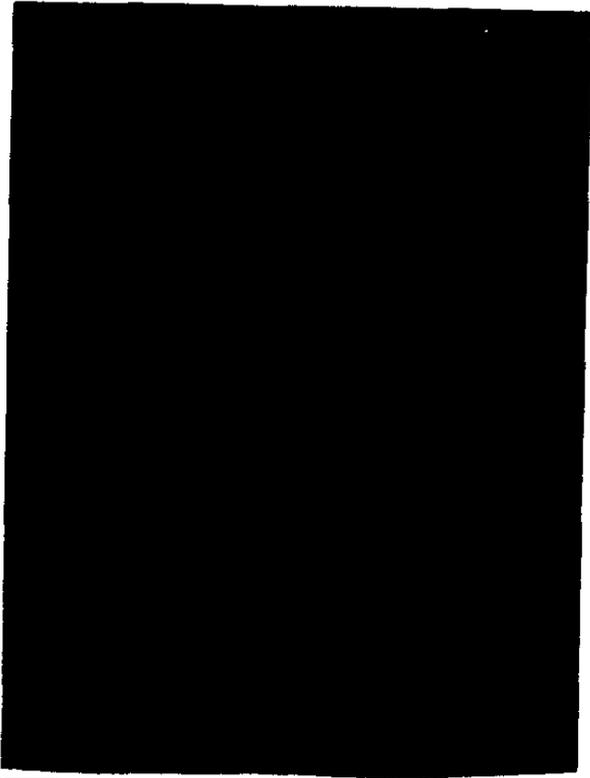
En las respuestas del cuestionario se hace mención de la dificultad que existe para esterilizar las cantidades de residuos generados, y esto es por la poca capacidad de las autoclaves que se utilizan, para lo cual se requiere una de mayor capacidad.

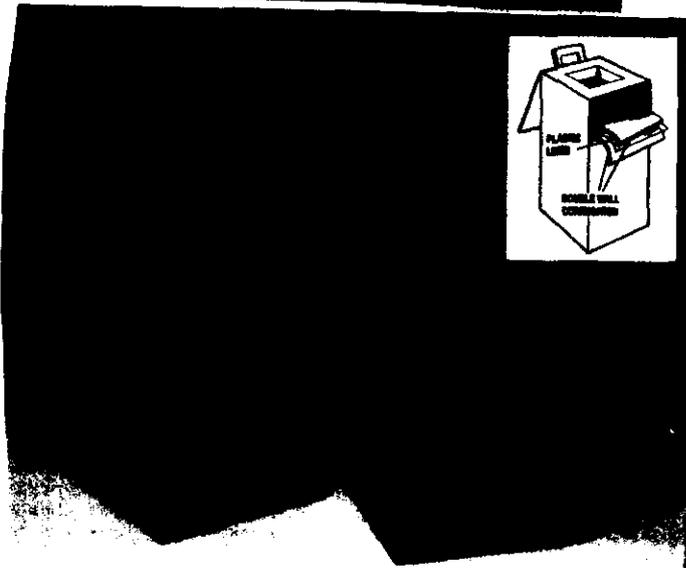
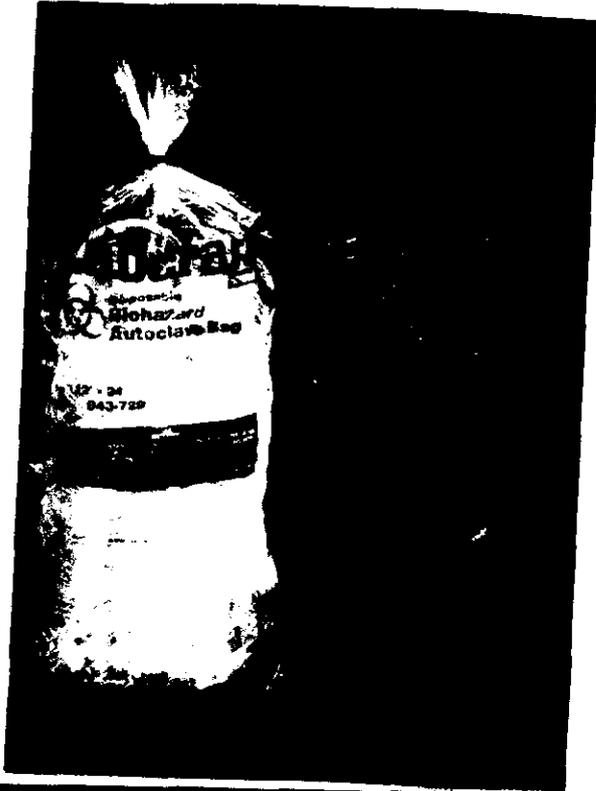
Otra de las necesidades de nuestra Facultad es la de contar con un incinerador, para evitar mayores riesgos por los residuos biológico-infecciosos generados. De ser adquirido, ofrecería sus servicios a Laboratorios Clínicos, Clínicas, Hospitales y otras instituciones cercanas a la comunidad, dando un tratamiento final adecuado a sus residuos.

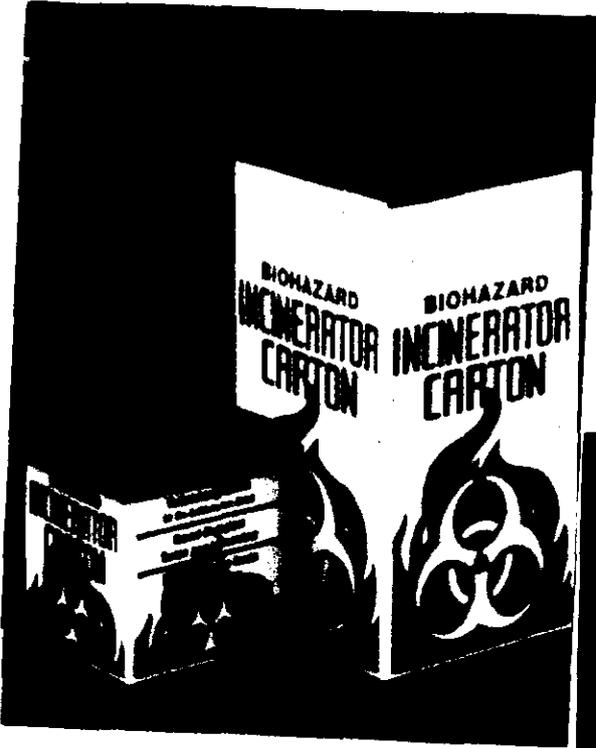
Tomando en cuenta el alto costo y mantenimiento del incinerador, éste puede ser recuperado proporcionando este servicio.

Complementando este trabajo se encontró que:

La Norma Oficial Mexicana establece las características que deben tener los contenedores para punzocortantes y las bolsas que pueden ser utilizadas para depositar los diferentes tipos de residuos, como son los patológicos, sólidos, cultivos, punzocortantes. Para lo cual se obtuvieron ejemplos de estos recipientes con las especificaciones respectivas, las cuales se muestran en las siguientes fotografías.







Se investigaron nombres y direcciones de empresas que están autorizadas por el Instituto Nacional de Ecología, para el transporte y tratamiento de los residuos biológico-infecciosos, los cuales se encuentran en los Cuadros 2R y 3R que se muestran a continuación.

CUADRO 2R

EMPRESAS AUTORIZADAS POR EL INE PARA REALIZAR EL TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS.

No de Unidades	Nombre de la Empresa	Ubicación	Capacidad de carga por viaje Ton.	Monto de Inversión (\$ Miles)	Empleos Directos Generados
5	Transportes Midas, S.A. de C.V. Repesa, S.A. de C.V. Suvalsa, S.A. de C.V. Remmsa, S.A. de C.V. Super Lag, S.A. de C.V.	Cd. de México	10	1,000	15
2	Sterimed, S.A. de C.V.	Naucalpan, Edo de México	12	800	6
3	Tredem, S.A. de C.V.	Lerma, Edo de México	9	750	18
1	Asep, S.A. de C.V.	Puebla, Puebla..	6	250	3
4	Marepel, S.A. de C.V.	Culiacán, Sinaloa	8	350	12
2	Joysa, S.A. de C.V. :	Cd. Juárez, Chihuahua	6	200	4
1	Eco Mayab, S.A. de C.V.	Mérida, Yucatán	3	3100	3
3	Secam, S.A. de C.V.	Matamoros, Tamaulipas	6	500	6
1	Rubén Velázquez Martínez S.A. de C :V.	Guadalajara, Jalisco.	3	200	3
Total			63	4,150	70

CUADRO 3R

EMPRESAS AUTORIZADAS POR EL INE PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS

No.	Empresas	Ubicación	Capacidad Instalada Ton/Turno	Monto de Inversión (\$ Miles)	Empleos Generados Directos
1	Sterimed, S.A. de C.V.	Naucalpan, Edo. de México	10	12,000	25
2	Tradem, S.A. de C.V.	Jerma, Edo. de México	5	15,000	40
3	Protem-JV de México, S.A. de C.V. (permiso temporal)	Cuautitlán, Edo. de México	5	8,000	22
4	Sun Clean, S.A. de C.V. (En preparación de protocolo.)	Atizapán, Edo. de México	1	2,400	6
5	TM Winco, S.A. de C.V. (En preparación de protocolo.)	Azcapotzalco, D.F.	6	8,000	16
6	Asep, S.A. de C.V.	Puebla, Puebla	5	6,000	13
7	Marepel, S.A. de C.V.	Culiacán, Sinaloa.	5	14,000	22
8	Joysa, S.A. de C.V.	Cd Juárez, Chihuahua.	3	15,000	17
9	Eco Mayab, S.A. de C.V. (Permiso temporal.)	Mérida, Yucatán	2	500	10
10	Secam, S.A. de C.V. (En preparación de protocolo.)	Matamoros, Tamaulipas.	4	2,000	15
11	Bio System Technology, S.A. de C.V. (En preparación de protocolo.)	Monterrey, Nuevo León	2	1,200	22
12	Dicomán, S.A. de C.V. (Permiso temporal.)	Guadalajara, Jalisco	3	4,000	20
Total			51	88,100	228

Esta información es de suma importancia para quien no sepa cómo manejar y tratar sus residuos. El saber quién proporciona el servicio representa una herramienta relevante para no contaminar. Aunque, evidentemente, la situación ideal para nuestra institución es tratarlos adecuadamente antes de ser eliminados.

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES

1. En este trabajo se aporta información actualizada sobre la problemática que representa en México los residuos peligrosos biológico-infecciosos, a fin de consolidar un modelo de desarrollo sustentable que no ponga en riesgo los recursos naturales de los que dependen las generaciones futuras.
2. Este documento, generado después de realizar un intenso y arduo trabajo de investigación, queda como testimonio en las principales bibliotecas de la UNAM para difundir la forma en que están siendo manejados los residuos sólidos hospitalarios; el análisis de la normatividad y las recomendaciones que pueden resultar de utilidad para un sistema confiable y seguro; en el manejo y control de los residuos que se generan cotidianamente en las labores de docencia e investigación en la UNAM, Campus Cuautitlán, con el propósito de mejorar su capacidad de proteger salud humana de aquellos sectores de la comunidad, que directa o indirectamente lleguen a verse expuestos al contacto con los diversos desechos, que por su carácter infeccioso o por sus propiedades físicas y químicas presentan un alto grado de peligrosidad.
3. Así mismo, proporciona una herramienta útil para lograr que la totalidad de los residuos sólidos generados por los establecimientos hospitalarios y por la UNAM, Campus Cuautitlán, reciban un manejo adecuado, desde el punto de vista ambiental, en forma sostenida con las condiciones y posibilidades locales.
4. Existe una gran problemática en el país por la cantidad de residuos Biológico-Infecciosos que se generan, y el manejo inadecuado que se tiene de ellos.

A la NOM 087-ECOL- 1995 ya establecida en México no se le ha dado la difusión suficiente para que haya una conciencia del peligro que representan para la salud y el medio ambiente, el incumplimiento de la misma.

Lo anterior se refleja en algunas instituciones en las que existen manuales que dan la impresión de haber sido elaborados sólo por cubrir un requisito preestablecido por la ley, pues se pueden observar errores ortográficos, así como frases que al no tener coherencia representan una dificultad de seguimiento para el encargado de llevarlo a la práctica. Lo cual concede el beneficio de la duda de que en realidad se esté realizando el manejo adecuado de las sustancias peligrosas.

Lo que además sugiere que las autoridades por su parte no han exigido el estricto cumplimiento de la Normatividad, por lo que adicionalmente no se presentan soluciones específicas a esta problemática.

5. Dentro de nuestra facultad existe el problema de la generación de estos residuos en algunas de las asignaturas que ahí se imparten y áreas de investigación. Algunos de estos residuos son tirados a la basura común, sin ningún tratamiento previo a su eliminación final, y no porque se desconozca el peligro que representan, sino más bien no se cuenta con los recursos e infraestructura necesaria para llevar a cabo un buen manejo de los mismos. Esto puede generar serios problemas de salud a las personas que están en contacto directo con ellos, ya que pueden contraer enfermedades, las cuales pueden ser muy severas como el Virus de Inmunodeficiencia Humana (HIV) y la Hepatitis, entre otras. Además de causar un impacto negativo al ambiente.

6. Algunos integrantes de nuestra comunidad desconocen el manejo adecuado de estos residuos, por lo que este trabajo representa una magnífica oportunidad de dar a conocer la problemática existente, con el propósito de provocar la reflexión y la adquisición de una verdadera conciencia ecológica, para lo cual tienen que conjuntarse el conocimiento, la información y la técnica.

Es muy importante implantar las especificaciones que marca la NOM para la separación, envasado, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de estas sustancias para ir realizando un proceso de educación ambiental en nuestra comunidad, que además nos permitirá tener institución limpia y lograr una rutina de trabajo ambientalmente segura. Aplicarlo dentro de nuestras labores cotidianas y cuando las instancias legales lo soliciten, para que no tengamos algún tipo de problema al respecto.

7. Los esfuerzos que se realicen serán de un gran beneficio, no sólo para lograr el cumplimiento en los aspectos reglamentarios, sino en la aplicación de procedimientos y prácticas capaces de lograr un tratamiento efectivo de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

Con esta información nuestros estudiantes podrán influir de manera determinante para que la toma de decisiones en su campo de trabajo se asuma con responsabilidad social para el cuidado del ambiente. Por lo que nuestros egresados serán mas competitivos.

Todo esfuerzo aplicado al cumplimiento de la NOM se verá reflejado ampliamente en el impacto ambiental hacia nuestra comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. A Guide to the Federal Program for Treatment, Destruction and Disposal Facilities. Managing and Tracking Medical Wastes. EPA september 1989.
2. Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para el Tratamiento de los Residuos Hospitalarios Mediante Esterilización. Agosto 1993. Instituto Nacional de Ecología
3. Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana para el Tratamiento de los Residuos Hospitalarios Mediante Incineración. Agosto 1993. Instituto Nacional de Ecología.
4. A review of chemical and physical factors. Biotechnol. Bioeng.,10,1-32, 1968.Ernst, R.R. and Doyle, J.E. Sterilization with gaseous ethylene oxide.
5. Arizona Revised Statutes Title 36, Article 2, General Hospitals. Regulation R9-10 220. Enviromental Services, Subsection E.
6. Artandi, C. Microbiological Control before and after Sterilization : Its Effect on Sterility assurance. In Experiences in Radiation Sterilization of Medical Products. IAEA; Vienna. 1974.
7. California Administrative Code, Title 22.Division 4, Chapter 30: Minimum Standards for Management of Hazardous and Extremely Hazardous Waste, Infectious Waste Regulations, Efecte. November 16, 1985.
8. Código Federal de Regulación CFR de los Estados Unidos de América, Julio 1989. California Health and Safety Code Chapter 6.5, Article 2, Section 25117.5.
9. 40 CFR-PART 259 Standards for the tracking and management of Medical Waste.
10. Código Federal de Regulaciones. Vol. 40 part 260 1991. Environmental Protection Agency EPA.
11. Disposal Tips for Home Health Care. EPA november 1993.
12. Delaware Code, Title7, Chapter 60 : Solid Waste Act. Delaware Solid Waste Disposal Regulations, August 1974.
13. Desechos peligrosos y Salud en América Latina y el Caribe. Washington DC, 1994. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. División de Salud y Ambiente.
14. El manejo de Residuos Generados por los Servicios de Salud (Situación Actual, Problemático y Consideraciones para su Control). M. en I. Sánchez Gómez. Ing. Inés E. Semadeni Mora. Ing. Miguel Rodríguez Vázquez. Primera Edición: julio, 1998.
15. Gwyther J. Sharps Disposal Containers and Their Use. J. Hosp.Infect. 15 (3), 287 -294, 1990
16. Home Guide for Medical Waste Disposal. Diann J. Miele. Http ://www.epa.gov/cookbook/page18html.
17. Illinois Revised Act 101-105, January 1985. State of Illinois Rules and Regulations 35 Subtitle G, Subpart F, Sections 700.601-700.605.
18. Le Centre National de l'Equipement Hospitalier CNEH. Guide Technique Pour la gestion et l'Elimination des désech Hospitaliers.
19. Legislación y Acuerdos sobre Protección Ambiental. Gobierno del Estado de México. Noviembre 1991. Secretaría de Ecología.
20. Medical Institution Waste Incineration: Regulations, Management, Technology, Emissions, and operations. Seminar Publication. EPA december 1991.
21. Medical Waste. Enviromental Backgrounder. EPA 1989.
22. Medical Waste Management in the United States 1990 Second Interim Report to Congress Ejecutive Suminary. EPA december 1990.
23. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en lo que se refiere a residuos peligrosos. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

24. Manual de procedimientos para el control y manejo de residuos Biológico-Infeciosos, Tóxicos Peligrosos, Comunes y Reciclables. Instituto Mexicano del Seguro Social.
25. Norma Oficial Mexicana NOM- CRP-001-ECOL-1993.
26. Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-002-ECOL-1993.
27. Norma Oficial Mexicana NOM CRP-003-ECOL-1993.
28. Norma Oficial Mexicana NOM CRP-004-ECOL-1993.
29. Norma Oficial Mexicana NOM CRP-005-ECOL-1993.
30. Norma Oficial Mexicana NOM CRP-007-ECOL-1993.
31. Norma Oficial Mexicana NOM-003-SCT/1994. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
32. Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
33. Proceedings: National Workshops on Hospital Waste Incineration and Hospital Sterilization. Held in San Francisco, Calif. On May 10-12, 1988. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C. 1989.
34. Protecting Health and Safety at Hazardous Waste Sites :Anoverview.EPA/625/9-85/006.
35. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1994.Secretaría de Desarrollo Social.
36. Reunión Sobre Salud y Ambiente en la Ciudad de México. Programa para el manejo de los desechos sólidos del Hospital Central Militar. Secretaría de la Defensa Nacional y Departamento del Distrito Federal. Abril 1989.
37. Reglamento de la Ley General del Equilibrio y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. SEDUE Junio 1989. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
38. Title 252 Oklahoma Administrative Code Chapter 520.
39. Texas Revised Civil Statutes of the State of Texas Annotated, Article 4477-7 Texas Solid Waste
40. Texas Sanitation and Health Protection Law, as Amended. Disposal Act. And Article 4477-1 Texas Administrative Code 325.136 (b) (1). Texas Department of Health, Municipal Solid Waste Management Regulations, Effective July 1983, as Amended.
41. Usachppm Information Paper Transportation o Medical.Waste. Código Federal de Regulacion, [htt://chppm.meis.apgea.army.mil/hmwp/infopapers/medwtrns.htm](http://chppm.meis.apgea.army.mil/hmwp/infopapers/medwtrns.htm).
42. USEPA. EPA Guide for Infectious Waste Management. Office of Solid Waste and Emergency Response. EPA -53 OSW-86-014, 1986.
43. USEPA. Guide for Infectious Waste Management. EPA/530-SW-86-014, 1986.