

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**“LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMO RESIDUOS  
PELIGROSOS, SU MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL PARA  
EVITAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL”**

**POR:  
HORACIO MARTÍNEZ COLORADO**

**MONOGRAFÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**Torreón, Coahuila**

**Junio de 2014**

**"UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**"LAS LAMPARAS FLUORESCENTES COMO RESIDUOS PELIGROSOS SU MANEJO  
Y DISPOSICIÓN FINAL PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL"**

**MONOGRAFÍA QUE SE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**POR:**

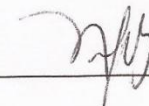
**HORACIO MARTÍNEZ COLORADO**

**APROBADA POR EL H. CUERPO DE ASESORES**

**ING. JOEL LIMONES AVITIA  
ASESOR PRINCIPAL**

  
\_\_\_\_\_

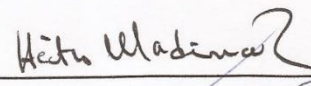
**MC. NORMA L. ORTIZ GUERRERO  
ASESOR**

  
\_\_\_\_\_

**MC. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR  
ASESOR**

  
\_\_\_\_\_

**DR. HECTOR MADINAVEITIA RÍOS  
ASESOR SUPLENTE**

  
\_\_\_\_\_

**DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

  
\_\_\_\_\_

**Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas**

**TORREÓN, COAHUILA**

**JUNIO DE 2014**

MONOGRAFÍA QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE:  
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

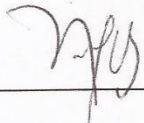
APROBADO POR:

ING. JOEL LIMONES AVITIA  
PRESIDENTE DEL JURADO



---

MC. NORMA LETICIA ÓRTIZ GUERRERO  
VOCAL



---

MC. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR  
VOCAL



---

DR. HECTOR MADINAVEITIA RÍOS  
VOCAL SUPLENTE



---

DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS



---



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2014

## DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

*"Mientras ellos te prometen la luna, nosotros te garantizamos la Tierra"*

### *A MI FAMILIA*

*A mi madre, FELIPA MARTINEZ por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.*

*A mi padre, MIGUEL CAMACHO que a pesar de que ya no estés físicamente con nosotros, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.*

*A mi hermano, VICENTE BERISTAIN que siempre ha estado junto a mí brindándome su apoyo.*

*A mi sobrina ANA KAREN BERISTAIN para ser un ejemplo para ella y siga adelante con sus estudios.*

*Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos.*

*Que a pesar de la distancia y de los momentos difíciles, sé que siempre estarán y contare con ustedes.*

### *A MI PAREJA*

*Vero gracias a tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que este trabajo lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado, en las buenas, las malas y las peores.*

*A tus padres MARGARITA Y RODOLFO, hermanos (as) y familia en general, que han sido mi segunda familia que sin su apoyo no podría haber logrado lo que hasta ahora soy.*

### *A MIS AMIGOS*

*Por todos los momentos juntos y por la confianza que en mí depositaron que si pongo la lista de todos jamás terminaría pero ustedes saben quiénes son.*

*En especial a mi gran amigo, casi hermano G. ALFONSO CABRERA RAMIREZ que a pesar que ya no estas físicamente, siempre te recordare, teníamos el mismo sueño, y para ser sincero eres el impulsor de este trabajo y sé que desde el cielo, estas feliz porque se haya culminado.*

*A MIS MAESTROS*

*Que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida.*

*Ellos quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.*

*A todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi trabajo.*

*GRACIAS*

*HORACIO MARTINEZ COLORADO*

## Contenido

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO .....	i
DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS .....	i
RESUMEN .....	v
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVO .....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivo específico.....	3
III REVISIÓN DE LITERATURA. ....	4
3.1.- La evolución de la situación en el mundo de los residuos peligrosos.....	4
3.1.1. El Panorama de los residuos peligrosos en América del Norte.....	6
3.1.2 Estimaciones e integración de la información sobre los residuos industriales peligrosos en México. ....	8
3.1.3 Los residuos de lámparas fluorescentes y la liberación del mercurio al ambiente. ...	9
3.2 Las lámparas fluorescentes, su uso.....	10
3.2.1 Diferentes tipos de lámparas y su funcionamiento. ....	11
3.2.2.- Lámparas de vapor de mercurio. ....	11
3.2.3. Lámparas de vapor de sodio. ....	16
3.3. CONTAMINACIÓN POR MERCURIO.....	18
3.3.1 Liberación del mercurio de los residuos de lámparas fluorescentes al ambiente....	19
3.3.2 Exposición al mercurio. ....	19
3.3.3 Efectos tóxicos en seres humanos. ....	21
3.3.4.- Efectos tóxicos en animales.....	22
3.4 DATOS ESTADISTICOS.....	22
3.4.1 Información sobre las emisiones al ambiente de mercurio, en México. ....	26
3.5. MARCO REGULATORIO.....	26
3.5.1.- Legislación y reglamentos en materia de residuos peligrosos.....	26
IV PROPUESTA DE SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA. ....	29

5.1	Gestión de las Lámparas de Descarga.....	29
5.2	Condiciones de recolección, transporte y almacenamiento.....	29
5.3	Reciclaje.....	31
5.3.1	Reciclaje de tubos fluorescentes.....	32
5.3.2	Reciclaje de lámparas de descarga.....	33
V	CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.....	35
VI	BIBLIOGRAFIA.....	37

## RESUMEN

Las actividades antropogénicas generan una serie de desechos que tienen efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana. La cantidad y tipo de desechos que se generan, depende, entre otras cosas, del grado de desarrollo industrial y de servicios de una región, así como de las mismas pautas de consumo de las sociedades.

Actualmente se tiene evidencia suficiente para demostrar la relación entre los daños a la salud y la exposición a los compuestos tóxicos presentes en este tipo de residuos.

Los residuos peligrosos son aquellos que sustancial o potencialmente, ponen en peligro la salud humana o el medio ambiente cuando son manejados en forma inadecuada y poseen alguna de las características CRETIB (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o agentes biológico-infecciosos), que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados al ser transferidos a otro sitio.

La Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993, establece las características que hacen a un residuo peligroso, así como un listado de los mismos y los límites que los hacen peligrosos.

Aunque se proponen numerosas soluciones para mejorar la gestión de los residuos peligrosos, actualmente se estima que la mejor opción de gestión, es producir menos residuos adoptando métodos de producción más limpia, de tal forma que se minimicen la generación de los residuos, en la medida que sea posible. No obstante, entendiendo que pese a la adopción de medidas de prevención y minimización, no será posible evitar totalmente la generación de residuos o desechos peligrosos, se privilegia la gestión de los mismos orientada



en lo posible al reciclaje, recuperación o aprovechamiento. Solo cuando las posibilidades anteriores hayan sido agotadas, se procede a considerar el tratamiento y disposición de los residuos peligrosos, mediante opciones que comprendan métodos seguros.

La problemática asociada a los residuos peligrosos tiene dos grandes líneas; por un lado, la que se deriva de la presencia de sitios ya contaminados y que requieren remediación, y por el otro, aquella orientada a la prevención.

**Palabras clave:** Disponible, características, inherentes, peligroso, regulaciones.

## I INTRODUCCIÓN.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), define como materiales peligrosos: Elementos, sustancias, compuestos, *residuos* o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas. Para efecto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se entiende por residuos peligrosos: "Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (características CRETIB), representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente. (L.G.E.E.P.A.)

El que un residuo sea peligroso no significa necesariamente que provoque daños al ambiente, los ecosistemas o a la salud, porque para que esto ocurra es necesario que se encuentre en una forma "disponible" que permita que se difunda en el ambiente alterando la calidad del aire, suelos y agua, así como que entre en contacto con los organismos acuáticos o terrestres y con los seres humanos (Roberts y Chen, 2006).

Los problemas asociados con los residuos peligrosos han sido elementos disparadores del establecimiento de regulaciones nacionales para reducir la generación y dar un tratamiento y disposición final adecuados a este tipo de residuos. Es así que las regulaciones han contribuido grandemente a promover la innovación tecnológica tanto de los procesos de producción -para disminuir la producción de residuos peligrosos en la fuente- como de las tecnologías para recuperar, reciclar, tratar o eliminar tales desechos, esto es, mediante tecnologías de final de procesos (Afusso *et al*, 2010).

México no ha estado al margen de esta evolución y esto se ha visto reflejado en su política y en su legislación ambiental, así como en sus esfuerzos por acelerar el paso para fortalecer la capacidad institucional con objeto de consolidar el marco normativo y hacerlo cumplir. A lo cual se suma su interés por promover la adopción de procesos limpios de producción y del manejo ambientalmente sensato de los residuos peligrosos desde su fuente hasta su disposición final (Capistran *et al*, 2002).

Se considera que una sustancia es peligrosa si muestra una o más de las siguientes características: Inflamabilidad, la sustancia causa o aviva fuegos: Reactividad, la sustancia reacciona con otros y puede explotar: Corrosividad, la sustancia destruye tejidos o metales: Toxicidad, la sustancia es un peligro para la salud, el agua, los alimentos y el aire. Esta definición hace pensar en la naturaleza omnipresente de los residuos peligrosos. Estos se encuentran en nuestras casas, nuestras fábricas, nuestros lugares de trabajo, nuestras granjas y en el hábitat natural (Kely G. 2003).

Los residuos peligrosos son problemas de ingeniería que pueden resolverse, o por lo menos aliviarse, a través de las técnicas de ingeniería y los principios científicos. La ética principal de la ingeniería es animar a la industria y a los generadores de residuos a reducir o eliminar los vertidos de residuos, a través de las técnicas de reducción de residuos. Además debemos tratar los problemas asociados con el transporte y almacenamiento de los residuos peligrosos. Para atender el problema de la disposición inadecuada de los residuos en nuestro país, se requerirá de favorecer la valorización de los residuos, así como el diseño y construcción de infraestructura apropiada que permita la recolección, separación, reciclaje y disposición final de éstos. Además será necesario vigilar que se cumpla la normatividad vigente en las instalaciones y en las operaciones de manejo de residuos (Quesada *et al*, 2007)

## **II OBJETIVO.**

### **2.1 Objetivo general**

Conocer el manejo integral, que se les debe dar a los residuos peligrosos generados en las diferentes actividades cotidianas, tanto en las industrias, comercios y en los hogares, para una disposición final adecuada y evitar la contaminación ambiental.

### **2.2 Objetivo específico.**

El principal alcance de la presente monografía, es dar a conocer la importancia del manejo y disposición adecuada a los residuos peligrosos consistentes en las lámparas fluorescentes, para evitar la contaminación al ambiente por este tipo de residuos. Así como dar a conocer las sustancias que hacen peligrosos a este tipo de residuos.

### III REVISIÓN DE LITERATURA.

#### 3.1.- La evolución de la situación en el mundo de los residuos peligrosos

En los últimos 20-25 años se ha reconocido como un problema prioritario el manejo de los residuos peligrosos. Las acciones para controlar los residuos peligrosos a menudo se han precipitado por efecto de un algún desastre ambiental (Martuzzi y Forastiere, 2010).

En Inglaterra después de años en que un alto comité había investigado los problemas de residuos peligrosos, cuando en febrero de 1972 se produjo indignación pública al descubrirse tambores con sales de cianuro en un sitio desocupado donde jugaban niños. Diez años después se estableció la legislación pertinente (Momani, 2010)

Japón fue uno de los primeros países en introducir el control de residuos peligrosos, después del accidente de Bahía Minamata en los años 60, cuando muchas personas murieron por intoxicación al consumir pescados y mariscos contaminados con mercurio que había sido descargado al mar por una planta química (Abbesi y Saeedi, 2010).

En los Estados Unidos se ha desarrollado un rígido sistema de control sobre residuos peligrosos desde 1975,, provocado especialmente por la indignación ciudadana por el descubrimiento de la contaminación causada por el vaciamiento descontrolado de residuos peligrosos (White y Heckenberg, 2011).

Aun cuando no se cuenta con inventarios precisos al respecto, se calcula que en el mundo se generan anualmente alrededor de 400 a 500 millones de toneladas

de residuos peligrosos. Una gran cantidad de ellos proviene de industrias que contribuyen en forma importante con la economía de las sociedades industriales. Entre ellas están industrias metalúrgicas del hierro y del acero o de metales no ferrosos y la industria química. Se suman otras fuentes, como las actividades agrícolas – generadoras de residuos de plaguicidas – las extractivas (por ejemplo mineras y petroleras) y las de servicios (como los talleres automotrices que desechan aceite gastado) (Serrano Espinoza, 2004).

Los procesos industriales generan una gama de residuos de naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa, con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas que pueden presentar riesgos potenciales a la salud humana y al ambiente. La peligrosidad de tales residuos depende de su composición, ya que en la mayor parte de los casos se trata de mezclas complejas que contienen diversos tipos de sustancias químicas (EPA, 2011).

Como resultado de la globalización, de la economía y del comercio, prácticamente todos los países están viendo cambiar la composición y el volumen de sus residuos, en particular México, que es uno de los que más tratados comerciales internacionales ha firmado con la consecuente apertura comercial (Jiménez-Cisneros, 2002)

La visión mundial acerca de la gestión de los residuos también ha cambiado y se ha visto influida por la adopción de convenios ambientales internacionales en la materia o aspectos relacionados con su manejo, como el Convenio de Basilea, el Convenio de Estocolmo y el Convenio del Cambio Climático, de la Organización de las Naciones Unidas. Dichos convenios promueven la prevención de la generación de residuos, su aprovechamiento a través de su reutilización, reciclado o recuperación de su poder calorífico de manera ambientalmente adecuada, para limitar al máximo el volumen de los que se destinan a confinamiento, así como la liberación de contaminantes orgánicos persistentes o de gases con efecto de invernadero durante su manejo, a fin de prevenir riesgos al ambiente y a la salud y

de no dejar pasivos ambientales a las generaciones futuras. Estas circunstancias demanda una verdadera revolución en la enseñanza, el desarrollo de tecnologías, la administración, los servicios y los mercados de materiales secundarios, relacionados con la generación y manejo integral de los residuos, lo cual hace necesario el establecimiento y operación efectiva de redes de intercambio de información, experiencia y conocimientos, así como una gran plasticidad de los sistemas de gestión de los residuos (SEMARNAT 2011).

### **3.1.1. El Panorama de los residuos peligrosos en América del Norte.**

La producción industrial aporta bienes, servicios y empleos a la economía, pero es también una fuente importante de contaminación y residuos, los cuales se pueden clasificar en seis categorías: sustancias químicas tóxicas, contaminantes atmosféricos de criterio, gases de efecto invernadero, desechos peligrosos y desechos no peligrosos y residuos radiactivos (DeJonget *al*, 2010).

Las sustancias tóxicas son dañinas para la salud humana y el medio ambiente. En 2004 las instalaciones industriales de América del Norte generaron más de cinco millones de toneladas de sustancias tóxicas en calidad de residuos y contaminantes relacionados con las actividades de producción (Shermaet *al*, 2005).

Las cantidades de residuos peligrosos que se generan son importantes: en Estados Unidos de norte américa se generaron casi 34.8, millones de toneladas de este tipo de residuos en el año de 2005, sobre todo como desecho líquido; cálculos gubernamentales ubican la generación anual de Canadá en alrededor de seis millones de toneladas, y los datos de más de 35,000 plantas de México, permiten calcular un total anual de 6.17 millones de toneladas en 2004. Los residuos radioactivos son subproductos de ciertas actividades industriales, en particular de la generación de electricidad. En 2005 la generación eléctrica nuclear produjo 1,697 toneladas de combustible usado (expresadas como volumen de

metal pesado) en Canadá, 21 toneladas en México y 2,396 toneladas en Estados Unidos (Roberts y Chen, 2006).

Los residuos y la contaminación industriales representan amenazas potenciales para la salud, las preocupaciones van de los efectos tóxicos en los fetos y los niños hasta las implicaciones para la salud derivadas de las exposiciones de nivel bajo a contaminantes múltiples y la degradación de hábitats y ecosistemas. Estas preocupaciones no se detiene en las fronteras, ya que algunos contaminantes pueden transportarse grandes distancias y los residuos se embarcan para reciclaje y disposición en sitios a través de las fronteras políticas (Vineis y Xun, 2008).

Los residuos y la contaminación industrial son importantes en el ámbito de América del Norte debido a que los contaminantes viajan en el aire y el agua para cruzar las fronteras nacionales y porque los residuos también se embarcan a través de las fronteras para su reciclaje, tratamiento y disposición. La deposición de los contaminantes persistentes en sitios muy distantes de las fuentes industriales, atestigua la capacidad de los contaminantes para viajar grandes distancias desde su origen. La contaminación y los residuos industriales descargados en ríos y cuerpos de agua que cubren fronteras políticas, como los Grandes Lagos y el Río Nuevo-que corre de Baja California a California- son también una preocupación compartida, en particular por lo que se refiere a los efectos de las sustancias tóxicas bioacumulables (Afusso et al, 2010).

Los requisitos reglamentarios que rigen el manejo de los residuos peligrosos pueden influir en las decisiones de manejo adoptadas por los establecimientos industriales; pueden, por ejemplo, inhibir el reciclaje en sitio por preocupaciones sobre mayores costos de cumplimiento. Asimismo, las diferencias jurisdiccionales en los requisitos reglamentarios, aunadas a las diferencias en los precios del manejo de residuos,, puede también influir en las decisiones al respecto. Al margen de las diferencias, lo cierto es que cada año las compañías de América del Norte embarcan cientos de miles de toneladas de residuos peligrosos entre Canadá, Estados Unidos y México. Cuando los residuos se envían a otras



jurisdicciones para reciclaje, tratamiento o disposición, los embarque se transportan por carretera y ferrocarril y atraviesa zonas pobladas antes de llegar a su destino final (EPA 2011).

### **3.1.2 Estimaciones e integración de la información sobre los residuos industriales peligrosos en México.**

En los últimos años se ha puesto especial atención a la definición de “residuos”, “desechos” o “desperdicios” peligrosos. Cada país tiene un método diferente de definir este concepto, así como una diferente lista de compuestos (Martuzzi y Forastiere, 2010).

Se han llevado a cabo diversos estudios para estimar la generación total anual de residuos industriales peligrosos en México. En 1994 se realizó una estimación del volumen anual de generación de residuos peligrosos, utilizando como referencia las estimaciones realizadas en Ontario, Canadá, acerca de la generación de los diversos giros que componen su industria y asumiendo que las empresas mexicanas de los mismos giros generarían volúmenes semejantes. A partir de esa estimación, se calculó que en México debían estarse generando alrededor de 8 millones de toneladas anuales de residuos peligrosos. Sin embargo, este dato no toma en consideración el hecho de que empresas de un mismo giro puedan generar volúmenes diferentes de residuos peligrosos, en función de los materiales peligrosos que empleen como insumos, del tipo de procesos o tecnologías que utilicen, así como de la eficiencia de sus procesos productivos (DGGIMAR).

Entre 1989 y 1996 se estimó, a partir del análisis de los manifiestos de generación de 3000 empresas recibidos por el Instituto Nacional de Ecología (INE), que para 1996 la generación total de residuos peligrosos era de 2´074,287.63 toneladas. Debe señalarse que no se contaba con suficiente infraestructura y coordinación entre los sectores implicados en el cálculo del total referido (DGGIMAR).

Con el objeto de actualizar, validar y completar los bancos de información, el INE inicio en 1998, la tarea de recabar y sistematizar los datos sobre el volumen total de residuos peligrosos generados a partir del total de empresas que presentan sus manifiestos de generación de residuos. A partir de 2000 y debido a una reorganización interna de la SEMARNAT, dicha tarea ha sido retomada por la Subsecretaria de Gestión para la Protección Ambiental, en ese entonces a través de la Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes y posteriormente, al desaparecer esta última en 2002, por la Dirección de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR).

Un resultado importante de ese esfuerzo, iniciado en 1998 y continuado en el 2000, fue depurar y organizar la información contenida en los manifiestos mencionados: Agrupando los residuos en grupos y subgrupos, con base en sus características físicas, químicas, corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas, así como de acuerdo con los procesos que las generan. Agrupando a las empresas generadoras de acuerdo con el sector, subsector y giro industrial correspondiente, así como con su distribución geográfica. Cabe señalar que hasta el año 2000, alrededor de 27280 empresas habían manifestado la generación de residuos peligrosos, arrojando un total para ese año de 3'705,846.21 toneladas (SEMARNAT, 2011)

### **3.1.3 Los residuos de lámparas fluorescentes y la liberación del mercurio al ambiente.**

En los residuos urbanos es común encontrar mezclados residuos de lámparas fluorescentes con contenido de mercurio, los cuales históricamente han sido dispuestos en los rellenos sanitarios en el mejor de los casos o en los tiraderos al aire libre donde se llevan a cabo emisiones a la atmósfera por la volatilización del mercurio y la infiltración de lixiviados de este tipo de residuos a los depósitos de agua subterránea (US EPA, 1999).

### **3.2 Las lámparas fluorescentes, su uso.**

Las lámparas fluorescentes son una de las fuentes de iluminación disponibles más eficientes en el uso de energía. Los tubos de lámparas fluorescentes contienen una pequeña cantidad de mercurio (Hg), mezclado con argón (Ar) en forma de vapor (gases), el cual dirige el flujo de la corriente eléctrica dentro del tubo (Rico. S. M. Dr., 1995).

Muchas instalaciones (hogares, oficinas, instituciones, centros de asistencia y educacionales, etc.), generan intermitentemente un gran número de residuos de lampas fluorescentes con contenido de mercurio (Hg) (Rico. S. M. Dr., 1995).

Cuando los tubos de lámparas fluorescentes se rompen, liberan de su interior vapores de mercurio mezclados con argón, altamente tóxicos que afectan peligrosamente a la salud humana y al ambiente; con la posibilidad de contaminación de los cuerpos de agua, superficiales y subterráneos (infiltración de lixiviados), del suelo, aire y seres vivos. Los elementos más frecuentes de contaminación de suelos provocados por la mala disposición final de los residuos de lámparas fluorescentes, son los metales como el mercurio (Hg), zinc (Zn), níquel (Ni), cadmio (Cd), plomo (Pb) y manganeso (Mn) (Colorado Department and PublicHealth and Environment, 2002).

Los residuos de lámparas fluorescentes tienen un origen industrial y domiciliario y son considerados como peligrosos por sus características. El peligro potencial, ha causado que las instituciones ambientales pongan atención al manejo adecuado de estos residuos (García, R. *et al.* 1993)

### **3.2.1 Diferentes tipos de lámparas y su funcionamiento.**

En el mercado existen varios tipos de lámparas que contiene mercurio: lámparas fluorescentes, lámparas de vapor de mercurio a alta presión, lámparas de luz de mezcla, halogenuros metálicos y lámparas de sodio a alta presión. Todas las lámparas fluorescentes contiene mercurio elemental, y su contenido aproximado en un tubo de 120 cm es de 15 a 25 mg. (Rico. S. M. Dr., 1995).

#### **3.2.2.- Lámparas de vapor de mercurio.**

a) Lámparas fluorescentes.

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurios a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación de estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.

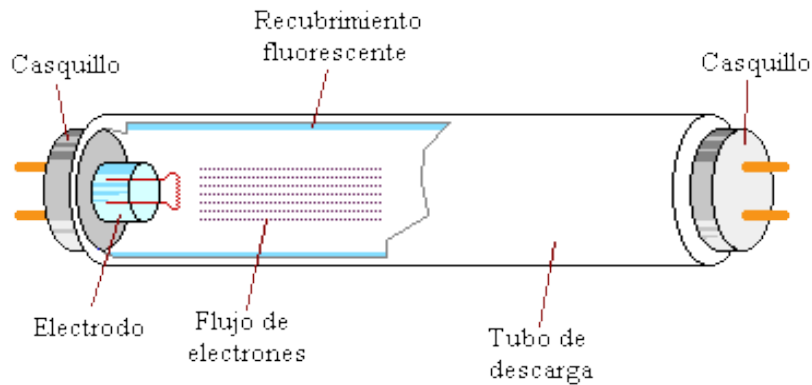


Figura 1.- Lámpara fluorescente. Componentes principales de las lámparas fluorescentes. Compuestas por dos casquillos, un recubrimiento fluorescente, el electrodo, y se puede observar el flujo de electrones, la parte exterior se denomina tubo de descarga.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones (Boletín: Colorado Department and PublicHealth and Environment, 2002).

La duración de estas lámparas se sitúa entre 5,000 y 7,000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red. Además de esto, se debe de considerarse la depreciación del flujo provocado por la pérdida de eficiencia de los polvos fluorescentes y al ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora. (Boletín; Colorado Department and PublicHealth and Environment, 2002).

Han aparecido lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporado el balastro y el cebador. Son lámparas pequeñas con casquillo de rosca o bayoneta pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes con ahorros de hasta el

70% de energía. (Boletín; Colorado Department and PublicHealth and Environment, 2002).

b).- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.

A medidas que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior el tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (boletín; Hazardouswastelamps; Final Rule. US EPA, 1999).

En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3,500 y 4,500°k. la vida útil, teniendo en cuenta la depreciación, se establecen en unas 8,000 horas. La eficiencia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficiencia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que convierten la luz ultravioleta en visible (boletín; Hazardouswastelamps; Final Rule. US EPA, 1999).

Los modelos más habituales de estas lámparas tiene una tensión de encendido entre 150 y 180 volts (v) que permite conectarlas a la red de 220 v sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuantos minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión de vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se

enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta (Boletín; Hazardouswastelamps; Final Rule. US EPA, 1999).

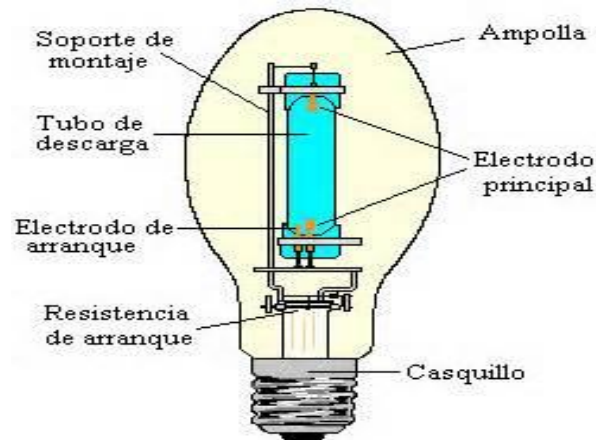


Figura 2.- Lámpara de mercurio a alta presión. Estas lámparas están compuestas por un electrodo principal el cual está ubicado dentro del tubo de descarga, además tanto el electrodo de arranque como la resistencia de arranque y el soporte de montaje se localizan dentro de la ampolla, únicamente el casquillo queda fuera de ella, tal como se muestra en la figura.

### c).- Lámparas de luz de mezcla.

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia (Boletín; Hazardouswastelamps; Final Rule.US EPA, 1999).

Su eficiencia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficiencia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga (Boletín; Hazardouswastelamps; Final Rule. US EPA, 1999).

La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos

causas. Por un lado tenemos el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del Wolframio evaporado y por otro la pérdida de eficiencia de los polvos fosforescentes. En general, la vida útil se sitúa en torno a las 6,000 horas.(Boletín; Hazardous waste lamps; FinalRule. US EPA, 1999).

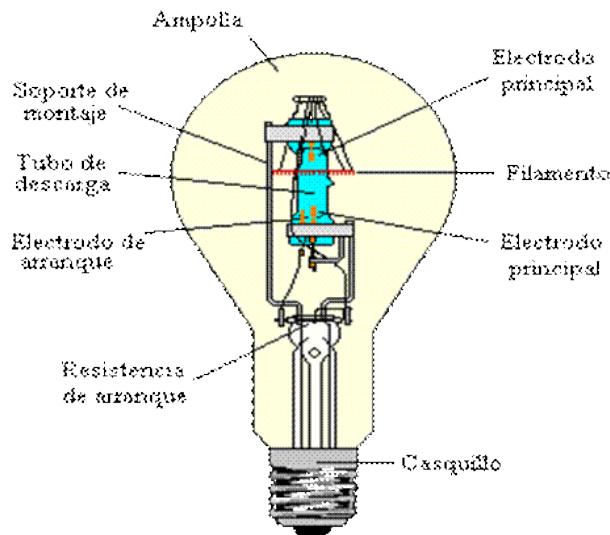


Figura 3.- Lámpara de luz de mezcla. En este tipo de lámparas todos los componentes se encuentran dentro de la ampolla, como se muestra en la figura, quedando únicamente en el exterior el casquillo.

Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balastro ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes in necesidad de modificar las instalaciones(Boletín; Hazardouswastelamps; Final Rule. US EPA, 1999).

#### d) Lámparas de halogenuros metálicos

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio)(Boletín; Hazardouswastelamps; Final Rule. US EPA, 1999).



Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3,000 a 6,000°K dependiendo de los yoduros añadidos. Al eficiencia de estas lámparas ronde entre los 60 y 96 lm/W y su vida útil es de unas 10,000 horas. Tiene un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1,500-5,000 V)(Boletín, Hazardouswastelamps; Final Rule. US EPA, 1999).

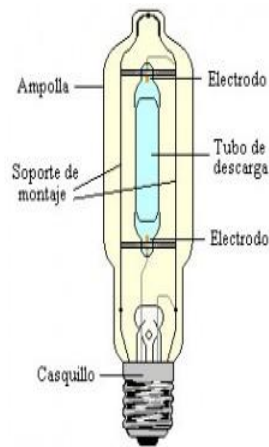


Figura 4.- Lámpara con halogenuros metálicos. Este tipo de lámparas cuentan con un soporte de montaje, un tubo de descarga y electrodos dentro de la ampolla.

Las excelentes presentaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras, para la iluminación de instalaciones deportivas, para retrasmisiones de TV, estudio de cine, proyectores, etc.(Boletín, Hazardouswastelamps; Final Rule. US EPA, 1999).

### 3.2.3. Lámparas de vapor de sodio.

a).- Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abraza casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20,000 horas y su vida útil entre 8,000 y 12,000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo, tenemos que hablar del fallo por fugas de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento. (Boletín; National Mercury, 2004)

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1,000°C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas terminales. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve. (Boletín; National Mercury, 2004)

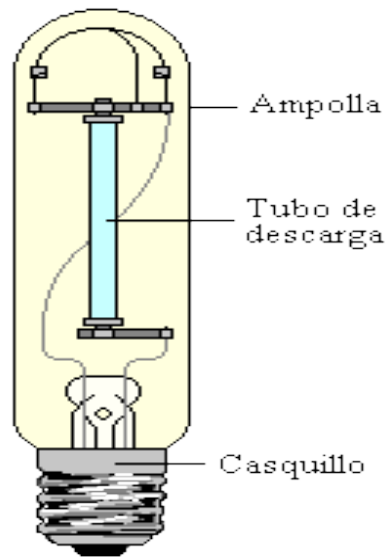


Figura 5.- Lámpara de vapor de sodio a alta presión. Estas lámparas son de construcción más sencilla, ya que únicamente cuentan con una ampolla, la cual contiene el tubo de descarga, unido mediante dos filamentos a los electrodos.

Este tipo de lámparas tiene muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa. (Boletín; National Mercury, 2004)

### 3.3. CONTAMINACIÓN POR MERCURIO

El mercurio es un elemento que existe en la naturaleza bajo diferentes modalidades, ya sea en forma metálica (de color plateado y líquido), de vapor o gas, combinado con otros elementos (como cloro, sulfuro u oxígeno) para formar sales orgánicas, o bien formando compuestos orgánicos (como el metilmercurio o el fenilmercurio), los cuales también pueden presentarse en forma de sales. A través de procesos naturales, en los que pueden intervenir microorganismos, el mercurio inorgánico puede ser transformado lentamente en mercurio orgánico. (Boletín; Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

El cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb) y mercurio (Hg) se usan ampliamente. El cobre y el zinc son menos preocupantes que el plomo, el mercurio y el cadmio (Cd). El cobre se usa como conductor eléctrico y como base en aleaciones. El zinc se usa en aleaciones, pigmentos, plásticos, baterías, galvanizado y chapado. En comparación el plomo es muy tóxico, daña la síntesis de la hemoglobina, particularmente en niños y puede causar desórdenes neurológicos. El plomo se encuentra en pinturas, cañerías, baterías y en algunos tipos de gasolinas. El mercurio también es muy tóxico, causando daños al sistema nervioso central y funcionamiento defectuoso del riñón. Se bioacumula y ha sido responsable alta mortalidad en pájaros. Se usa en la industria farmacéutica y química. El cadmio es un contaminante del medio aire, tierra y agua. El cadmio se libera en el aire por la incineración de residuos, combustión de combustible, industrias de chapado de cadmio, y de las baterías recargables. El cadmio es bioacumulable y puede producir mal funcionamiento del riñón (Kiley G, 2003).

### **3.3.1 Liberación del mercurio de los residuos de lámparas fluorescentes al ambiente.**

En los residuos urbanos es común encontrar mezclados residuos de lámparas fluorescentes con contenido de mercurio, los cuales históricamente han sido dispuestos en los rellenos sanitarios en el mejor de los casos o en los tiraderos al aire libre donde se llevan a cabo emisiones a la atmósfera por la volatilización del mercurio y la infiltración de lixiviados de este tipo de residuos a los depósitos de agua subterránea (Boletín; Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

### **3.3.2 Exposición al mercurio.**

A diferencia de otros metales, el mercurio está continuamente recirculando en los distintos compartimientos ambientales, a lo cual se agrega su metilación a través de procesos biológicos y su bioacumulación en diferentes organismos vivos (Boletín; Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

La contaminación del suelo y de los cultivos agrícolas ocurre tanto por el depósito de las partículas del aire, como de la irrigación de cultivos o su fertilización con aguas o con lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales conteniendo concentraciones elevadas de mercurio de origen industrial. (Boletín; Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

Ya que se le encuentra normalmente en la naturaleza y existen múltiples fuentes antropogénicas que lo emiten al ambiente, todos podemos llegar a exponernos a bajas concentraciones de mercurio a través del aire (inhalación), el agua y los alimentos (ingestión). (Boletín; Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

El mercurio en el medio acuático se acumula en la biota conforme aumenta su edad y se biomagnifica en cada uno de los niveles tróficos que constituyen la cadena alimentaria. Por lo anterior, y de acuerdo con el Programa Internacional de Seguridad Química (PSIQ) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la forma más riesgosa de exposición deriva de la ingestión de pescado conteniendo niveles elevados de metilmercurio.(Boletín;Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

También puede darse la exposición a partir del consumo de medicamentos y cosméticos que contengan mercurio y del contacto con otros productos descritos previamente, en todos los casos, la magnitud de la exposición puede variar grandemente (Boletín; Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

Para determinar la exposición humana, es preciso tomar en cuenta el ingreso diario de mercurio al organismo por distintas vías (por ejemplo; ingestión de alimentos), la forma particular de mercurio que ingresa (por ejemplo; el

metilmercurio) y el tiempo de retención dentro del organismo(Boletín;Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

El mercurio, en contacto con el agua, se transforma en un potente veneno cuyo efecto tarde unos 50 años en desaparecer. Afecta a animales y plantas, y, por la cadena alimenticia, también al hombre (Boletín; Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

Los elementos más frecuentes de contaminación de suelos provocados por la mala disposición final de los residuos de las lámparas fluorescentes son los metales como el mercurio, zinc, níquel, cadmio, plomo y manganeso(Boletín;Association of lightning and mercuryrecyclers, 2004).

### **3.3.3 Efectos tóxicos en seres humanos.**

La exposición a concentraciones elevadas del mercurio puede provocar daños permanentes en el cerebro, los riñones y en los fetos en desarrollo, como ocurrió en los habitantes de Minamata en Japón que ingirieron pescado contaminado con mercurio o con la población de Guatemala que ingirió semillas tratadas con mercurio. En particular, el sistema nervioso es muy sensible a los efectos del mercurio, los cuales se manifiestan por distintos tipo de desórdenes que son más severos conforme la exposición aumenta: irritabilidad, nerviosismo, temblor, cambios en la visión y audición, problemas de memoria. Aunado a lo anterior, exposiciones de corta duración a vapores conteniendo concentraciones elevadas de mercurio metálico, así como exposiciones continuas por largos períodos a concentraciones menores, pueden dañar los pulmones, causa náusea, vómito o diarrea, elevar la presión sanguínea y causar irritación de la piel y de los ojos. (Davis M. L., 2004).

La absorción del mercurio depende de su forma química, por ejemplo, el metilmercurio se absorbe en 90% y el cloruro de mercurio solo 2%. Los niños son especialmente vulnerables a los efectos del mercurio ya que más a su cerebro que en el adulto e interfiere con su desarrollo (Davis M. L., 2004).

#### **3.3.4.- Efectos tóxicos en animales**

En los animales produce los mismos efectos que en las personas, en ellos han sido estudiados los efectos de la exposición de corta y larga duración a través del agua, los alimentos o de la inhalación de polvo. Estos estudios muestran que por vía oral el mercurio inorgánico puede ocasionar daño renal, efectos en la presión sanguínea y el estómago, así como reacciones autoinmunes y alteraciones en el sistema nervioso. Por su parte, la exposición a corto plazo afecta a fetos. El mercurio orgánico en exposiciones a largo plazo provoca daño renal, estomacal, intestinal, alteraciones en la presión sanguínea, efectos adversos en el feto, esperma y órganos reproductivos masculinos, además de abortos espontáneos y muerte al nacer, el sistema nervioso es más sensible que los otros órganos a los efectos tóxicos de es estos compuestos; también hay indicios de que pudiera ocasionar cáncer renal(Glynn J. 1999).

### **3.4 DATOS ESTADISTICOS**

En el país operan tres fabricantes principales de lámparas fluorescentes que son: General Electric, Osram y Phillips. Los datos de producción de lámparas que tiene como componente el mercurio, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.- Tipos de lámparas y su contenido total de mercurio (Hg) en kilogramos.

<b>Año</b>	<b>Tipo de lámparas</b>	<b>Producción (millones)</b>	<b>Contenido Hg/unidad</b>	<b>Contenido total de Hg (kg)</b>	<b>Producción Nacional (%)</b>
1996	Fluorescentes	22	40 mg	880	100
	Compactas (112/T8)	4	10 mg	40	20
1997	Fluorescentes	25	40 mg	1000	95
	Compactas (112/T8)	5	10	50	20
1998	Fluorescentes	27	35 mg	945	80
	Compactas (112/T8)	6	10 mg	60	20
1999	Fluorescentes	30	30 mg	900	75
	Compactas (112/T8)	7	5 mg	35	20

Fuente: Información proporcionada por la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME), 2000

Al igual que ocurre en el resto del mundo, se ha ido reduciendo o eliminado el empleo de mercurio en ciertos usos, como es su utilización en la producción de lámparas.

Cuadro 2.- Consumo de mercurio por lámpara producida (1996-1999).

<b>Año</b>	<b>Contenido total de Hg (kg)</b>	<b>Kg de Hg/Unidad producida</b>
1996	920	0.035
1997	1050	0.035
1998	1005	0.030
1999	935	0.025

Fuente: Información proporcionada por la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME), 2000



Según información de General Electric el volumen de producción de lámparas con contenido de mercurio fue el siguiente:

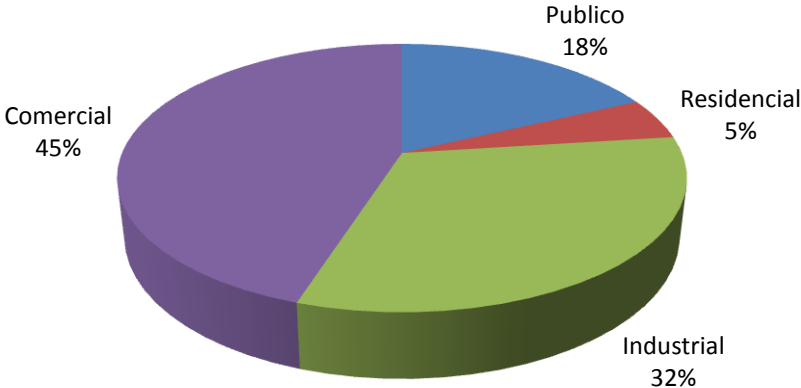
Producción anual: 8´700,000 unidades.

Contenido promedio de mercurio: 20-25 mg/unidad.

Ventas mercado mexicano: 90%-97%

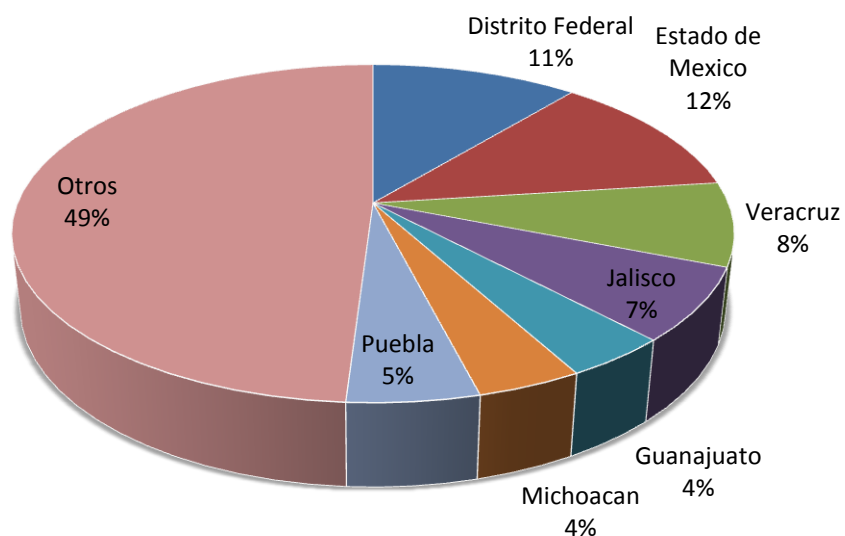
Ventas exportación: 3%-5%

Grafica 1.- Uso de lámparas fluorescentes en México



Según datos del INEGI, el 50% de la demanda nacional de lámparas está en tan solo siete estados de la república, donde el distrito Federal participa con un 11% de la demanda.

Grafica 2.- Distribución de demanda de lámparas en México



Conforme a los resultados de un estudio contratado por Ericsson Telecom, referente a la toxicidad ambiente (análisis CRETIB) de una lámpara de vapor de mercurio, las concentraciones de éste componente rebasan hasta en 350% los límites permisibles conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993 (Cuadro 3)

Cuadro 3.- Concentraciones de diferentes constituyentes inorgánicos principales, de lámparas de vapor de mercurio.

Constituyentes inorgánicos principales	Resultados (mg/MTRA)	Resultados (mg/kg)	Concentraciones máximas Permisibles (mg/kg)
Arsénico	2.627	5.027	5.0
Cadmio	0.627	1.20	1.0
Mercurio	39.58	75.74	0.2
Plomo	16.819	32.182	5.0

Fuente: Análisis CRETIB de una lámpara de vapor de mercurio, realizado por Desarrollo Ecológico Industrial Ericsson Telecom.

### 3.4.1 Información sobre las emisiones al ambiente de mercurio, en México.

En México no se dispone todavía de un inventario preciso sobre la generación de residuos que contengan mercurio. Recientemente, se inició un estudio piloto apoyado por el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación y la Investigación (UNITAR), cuyo propósito es establecer un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), el cual es un inventario multimedios que permitirá construir una base de datos sobre diversos contaminantes, entre ellos el mercurio. (SEMANRAT, 2010).

### 3.5. MARCO REGULATORIO.

#### 3.5.1.- Legislación y reglamentos en materia de residuos peligrosos.

En México no existe un marco regulatorio para el manejo de los residuos de lámparas fluorescentes y no se han formulado para estos residuos específicos. En las leyes que derivan de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos solo hay elementos que permiten regular la contaminación por mercurio como a continuación se describe.

Cuadro 4.- Normatividad referente al mercurio, en México.

<b>Ley</b>	<b>Reglamento</b>	<b>Normas Oficiales Mexicanas</b>	<b>Entidad responsable</b>
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Reglamento de Residuos Peligrosos	NOM-052-SEMARNAT-1993 NOM-053-SEMARNAT-1993	SEMARNAT PROFEPA
Ley de aguas Nacionales	Reglamento de Aguas Nacionales	NOM-031-SEMARANT-1993 NOM-071-SEMARNAT-1994	SEMARNAT PROFEPA
Ley General de Salud	Reglamento para el control Sanitario de las Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios	NOM-071-SEMARNAT-1995 NOM-118-SSA1-1994	SSA

Ley Federal del Trabajo	Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo.	NOM-010-STPS-1994	STPS
Ley Federal del Sanidad Animal		NOM-016-ZOO-1994	SAGARPA
Ley de Caminos y Puentes y Autotransporte Federal	Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.	NOM-002-SCT2/1994	SCT
Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos	Reglamento de Armas de Fuego y Explosivos		SEDENA
Ley de Industrias Mineras	Reglamento para las Actividades Mineras.		SECOFI
La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, expedida en 2003			SEMARNAT

La normatividad ambiental mexicana en materia de residuos peligrosos se ha orientado hacia el manejo seguro de los desechos tóxicos y la protección del medio ambiente y, está definida por leyes, reglamentos y normas de aplicación federal que a continuación se señalan (SEMARNAT. 2011)

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Titulo 4°, Cap. VI, Art. 150 a 152 Bis., Titulo 6°, Art. del 161 al 175 Bis. Relativas a la protección del ambiente por materiales y residuos peligrosos, la inspección,, vigilancia y sanciones administrativas (SEMARNAT, 2011).

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR). En donde los artículos 1, del 5 al 8, detallan las regulaciones del generador y la regulación de residuos peligrosos. Artículos del 9 al 27. Presentan el manejo de residuos peligrosos al interior del establecimiento. Artículo 42, Categorías de generadores y registro y Artículos del 58 al 62, Autorizaciones (SEMARNAT, 2011).

Norma Oficial Mexicana, NOM-052-SEMARNAT-2005 “Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos”, lo que permite al generador de los residuos identificar sus desechos peligrosos.

Norma Oficial Mexicana, NOM-053-SEMARNAT-1993 “Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuos peligroso por su toxicidad al ambiente”.

Norma Oficial Mexicana, NOM-054-SEMARNAT-1993 “Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos” por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005

Norma Oficial Mexicana NOM-055-SEMARNAT-2003 “Que establece los requisitos que deben de reunir los sitios que se destinaran para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados”.

Norma oficial Mexicana NOM-056-SEMARNAT-1993 “Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos”.

Norma Oficial Mexicana NOM-058-SEMARNAT-1993 “Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos”.

De las Leyes y los Reglamentos se derivan las Normas Oficiales Mexicana (NOM), que son de aplicación federal, y han sido formuladas con la participación de los diferentes sectores gubernamentales, académicos y la industria, y sometidas a consulta pública antes de su publicación definitiva, hasta la fecha se han

publicados solo normas que regulan el uso del mercurio pero ninguna para regular el manejo de los residuos de lámparas fluorescentes.

La entidad encargada de vigilar el cumplimiento de estas normas es la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

## **IV PROPUESTA DE SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA.**

### **5.1 Gestión de las Lámparas de Descarga**

Posibilidades de minimización

En el caso de las lámparas, el concepto de minimización y reducción significa tener en cuenta factores tales como el correcto diseño de la iluminación (optimización de la potencia instalada, adecuada elección del tipo de lámpara), el uso racional de la iluminación existente y la planificación de las operaciones de mantenimiento (Iribarne, R., 2002).

Otra oportunidad de minimización corresponde a la fabricación de lámparas con menor contenido de mercurio y mayor vida útil (Iribarne, R., 2002).

### **5.2 Condiciones de recolección, transporte y almacenamiento**

La constitución propia de las lámparas hace que el transporte, la recolección y el almacenamiento sean procesos delicados. Entre los aspectos físicos a tener en cuenta están:

**Fragilidad:** están constituidas en su mayoría por vidrio de pocos milímetros de espesor, por lo tanto se trata de un producto frágil, lo que afecta considerablemente las condiciones de transporte y almacenamiento.

**Contenido:** los constituyentes son de carácter nocivo, por lo tanto es necesario tomar precauciones durante su manipulación. Una rotura del recipiente provoca la fuga de los materiales truncando cualquier acción posterior sobre la lámpara.

**Relación peso/volumen:** son elementos de poco peso en comparación con su volumen, lo que dificulta su transporte y almacenamiento.

**Forma:** tienen múltiples formas y tamaños lo que no facilita su apilamiento.

Por otro lado hay que tener en cuenta que se trata de un producto de **consumo disperso**, lo que dificulta su recolección.

En resumen, se trata de residuos muy voluminosos que no se pueden compactar, de difícil recolección, clasificación, transporte y almacenaje.

Existen tres tipos de consumidores de lámparas bien diferenciados, consumidor industrial, sectores servicios y pequeño consumidor. En el primer y segundo caso, por tratarse de grandes consumidores, resulta más fácil realizar la recolección.

En contrapartida, para el pequeño consumidor, cuando la lámpara llega al final de su vida útil representa un objeto de manejo engorroso si se pretende participar en un sistema de recolección selectiva.

Una estrategia es establecer puntos de recolección de los residuos, ya sea en los centros municipales, en comercios y otros establecimientos, de forma de facilitar la inclusión de los pequeños consumidores, en el circuito de reciclaje.

### 5.3 Reciclaje

En relación a las emisiones antropogénicas de mercurio al medio ambiente, la disposición final de lámparas de mercurio representa solamente el 1% del total. Sin embargo, se ha despertado un especial interés en el manejo de esta corriente de residuos dado que representa una de las principales fuentes de ingreso de mercurio a los vertederos municipales. Esta condición ha incentivado el desarrollo de tecnologías que permitan la recuperación del mercurio contenido en las lámparas antes de desecharlas.

Las tecnologías utilizadas van desde máquinas modulares, que trituran las ampollas y empaquetan los residuos en contenedores especiales para su posterior procesamiento o reciclado, hasta instalaciones de mayor escala.

Si tomamos como referencia Estados Unidos, actualmente el número de unidades (lámparas y tubos) generadas como residuo es de 514 millones/año, siendo 142 millones de origen residencial y 372 millones de origen comercial, gubernamental e institucional, siendo los porcentajes de reciclaje del 2% y del 29.2% respectivamente. Si bien el porcentaje reciclado es bajo, el aumento de esta práctica es importante si se considera que a principios de los años 90 sólo se reciclaba el 10% del total. Esto responde no solo a una toma de conciencia sobre las características peligrosas del residuo, sino también a las exigencias establecidas por el gobierno principalmente a los grandes consumidores.

La OSRAM (fabricante de lámparas, en Munich, Alemania) desarrolló un proceso cuya tasa de reciclaje es de aproximadamente el 90% en peso, el cual le permitió establecer un gran sistema de recolección y reciclaje.

Por tratarse de sistemas de gestión muy complejos será necesario evaluar la viabilidad del plan de reciclaje, material por material, se deben considerar las



condiciones locales como salud humana, riesgos ambientales, costos de gestión, disponibilidad tecnológica, condiciones de mercado para materiales secundarios y aceptación pública (Iribarne, R., 2002)

### **5.3.1 Reciclaje de tubos fluorescentes**

El equipo para el reciclaje incluye la separación de los componentes del tubo: vidrio, cabezales de aluminio, fósforo y mercurio. Consiste en un triturador, un separador, sistemas de filtración de partículas y vapor, así como cintas para el flujo de los materiales. Los diferentes materiales generados son derivados a un tratamiento posterior, reciclaje o disposición final.

Un soplador industrial mantiene la presión negativa a lo largo de todo el proceso. El polvo se hace pasar a través de un sistema de filtros (que son automáticamente limpiados para evitar acumulación) y por último a través de un filtro de carbón activado antes de ser liberado a la atmósfera.

**Trituración y separación:** Los tubos ingresan enteros al proceso, siendo la primera etapa la trituración del vidrio. Los componentes de la lámpara son separados y depositados en diferentes contenedores. Los cabezales de aluminio y el vidrio son analizados en cuanto a su contenido de mercurio y enviados a su reciclaje fuera del sitio. El polvo de fósforo es separado y enviado a un contenedor para su posterior tratamiento. Los filamentos son removidos por un separador magnético y enviados a reciclaje.

**Unidad de recuperación térmica:** El polvo separado es volcado al horno, donde por la aplicación de calor el mercurio es vaporizado y posteriormente condensado y enviado a un proceso de destilación.

**Destilación:** El mercurio recuperado es sometido a una triple destilación para su venta como Mercurio Técnicamente Puro (99.99% puro) (Iribarne, R., 2002).

### 5.3.2 Reciclaje de lámparas de descarga

**Separación de componentes:** Bajo una circulación de aire que mantiene la presión negativa, el globoexterno del cristal se separa del vástago de la base y del metal de la lámpara que contiene el tubointerno del arco (que contiene el mercurio). Las partes que no contienen mercurio son separadas,clasificadas por tipo de material, testeadas en cuanto a su contenido de mercurio y enviadas a reciclaje.

**Unidad térmica:** El tubo interior se coloca en un horno donde es llevado a altas temperaturas, lo queocasiona la vaporización del mercurio adherido al vidrio. El mercurio es enfriado y recogido para suprocesamiento. El vidrio del tubo interior es enfriado, analizado y enviado a reciclaje.

**Destilación:** El mercurio crudo que se ha recuperado del proceso térmico es sometido a una destilacióntriple para quitarle impurezas, lo cual permite calificar al mercurio obtenido luego del proceso, comotécnicamente puro.

El tratamiento de las lámparas está diseñado, para la captación y control de los contaminantes y parala máxima valorización de los materiales que las componen. En estas condiciones, el porcentaje devalorización de materiales es del 94% en peso de la cantidad total de lámparas tratada, llegando este porcentaje al 97,5% en el caso de las lámparas fluorescentes de tubo recto.

A través del reciclaje de lámparas de descarga y tubos fluorescentes, se obtienen los siguientes productos: mercurio puro, polvo luminiscente exento de mercurio ya destilado, vidrio, metal y materialde embalaje utilizado durante el transporte. Estos materiales son entregados a gestores autorizadosquienes los reintegran a los circuitos de valorización, excepto el mercurio que es comercializado comoMercurio Técnicamente Puro.

El residuo obtenido de la destilación es considerado residuo peligroso si se superan los límites de concentración de mercurio o plomo en el test de lixiviación. En ese caso se debe disponer en relleno de seguridad.

## **V CONCLUSION Y RECOMENDACIONES**

Para garantizar el cumplimiento de las normas, los proyectos de disposición final de residuos deben someterse a un estudio de impacto ambiental, y deben contar con una autorización para empresas, y una licencia ambiental única (Kirkeby, J. T., *et al*, 2006).

A pesar de que se tienen bien identificados los estados en los que se genera el mayor volumen de residuos peligrosos, existen muchos tiraderos clandestinos y por lo regular están en barrancas y arroyos, ocasionando serios problemas de salud pública a los pobladores de las zonas (SEMARNAT, 2010).

Se tiene registrado que 70% de los establecimientos generadores de residuos peligrosos del país, cuentan con algún tipo de irregularidad (SEMARNAT, 2010).

Actualmente se cuenta con dos empresas autorizadas y en operación para el confinamiento de residuos peligrosos. Estas empresas se encuentran ubicadas en Nuevo León y Coahuila, y en conjunto tienen una capacidad de disposición final de más de 684 mil toneladas de residuos por año (SEMARNAT, 2010).

A la fecha se han autorizado seis proyectos para este tipo de infraestructura, dos en el Estado de Hidalgo, dos en Coahuila, uno en Sonora y el último en Mexicali, Baja California. Todos ellos cuentan con los lineamientos establecidos en el estudio de materia de impacto y riesgo ambiental.

Sin embargo, todavía existen cientos de tiraderos clandestinos en todo el país, por lo que es necesario, exhortar a las autoridades locales y estatales a desarrollar por lo menos un confinamiento de residuos peligrosos seguro, a nivel estatal, que permita regular la deposición final de estos peligrosos agentes infecciosos que dañan al medio ambiente.

El control y manejo de los residuos peligrosos son responsabilidad de los tres niveles de gobierno, por ello, se alentará a las autoridades competentes, a desarrollar y vigilar la construcción de sitios que estén destinados exclusivamente a confinar residuos peligrosos que cumplan con lo estipulado en la normatividad para la gestión de residuos, garantizando el aislamiento definitivo de las sustancias que los conforman, evitando la propagación a corto, mediano y largo plazo de sustancias tóxicas, y asegurando el control de los tiraderos a cielo abierto que representen un gran riesgo para los mexicanos y su medio ambiente(SEMARNAT, 2010).

## VI BIBLIOGRAFIA.

White, R. y D. Heckenberg 2011. Key Vulnerabilites and Limitation in the Management of Hazardous Waste and Its Disposal a Check List Assessment Tool. Journal O EviromentalProteccion.

Abbesi, O y M. Saeedi. 2010. Hazardous Waste Landfill Siting Using GIS Technique and Analytical Hierarchy process. EnvironmentalAsis.

Momani, N.M. 2010. Improving Jordan Law Towards Sustainable Solid and Hazardous Waste Management Lessons from USA Environmental Laws. American Journal of Environmental Sciences.

Roberts, R. y M. Chen, 2006. Waste Incineration How Big is The Health Risk? A quantitative method to allow comparsion with other health risk.Journal of Public Health.

Capistrán, F., E. Aranda y J. C. Romero, 2001.Manual de Sustentabilidad Ambiental. Instituto de Ecología A.C. México.

Martuzzi, M., F. Mitis y F. Forastiere, 2010. Inequalities, inequities, environmental justice inn waste mangement and healt. European Journal of Public Healt.

Vineis, P. y W. Xun, 2008. The emerging epidemic of environmental cancers in developing countries.Annals of Oncology.

DeJong, J., K. Soga, S. A. Vanwart, R. Whalley, T. R. Ginn, D. C. Nelson, M. Mortensenn, B. C. Martinez y T. Barkouki, 2010. Soil engineering in vivo: harnessing natural biogeochemical systems for sustainable, multifunctional engineering solutions. Journal of the Royal society Interface.

Kirkeby, J. T., H. Birgisdottir, T. L. Hansen, H. H. Christensen, G. S. Bhandar y M. Hauschild, 2006. Evaluation of environmental impacts from municipal solid waster management in the municipality of Aarhus Denmark. Waste Management and Research.

Barnes, R. L. 2011. Regulation the disposal of cigarette butts and toxic hazardous waste. Bioresource Technology.

Enviromental Protection Agency. EPA. 2000. Environmental regulations and Technology: use and disposal of municipal waste sludge.

Enviromental Protection Agency. EPA. 2001. State of the Environment: soil Quality Report, Scottish.

Enviromental Protection Agency. EPA. 2011. Wastes: Laws and Regulations. <http://www.epa.gov/waste/laws-regs/rcrahistory.htm> (en linea)

Enviromental Protection Agency. EPA. 2001. Resource Conservation and Recovery Act. (RCRA). <http://www.epa.gov/gateway/learn/wastes.html> (en linea)

Secretaria del Medio Ambiente y Recurso Naturales, SEMARNAT. Subsecretaria de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, México, 2011.

Secretaria del Medio Ambiente y Recurso Naturales, SEMARNAT. Integración y Actualización del Inventario Nacional de Generación de Residuos Peligrosos (INGRP). Subsecretaria de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, México, 2010.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. Censos Económicos, edición 2000 y 2010. Mexico, 2010.

Afusso, E., C. V. Parisot, H. O. Chau-Sa y D. Hite, 2010. The impact of hazardous waste on property values the Effect of land pollution. BiosourceTechnology.

García, I. y C. Dorronsoro. 1999. Contaminación del Suelo. Departamento de edafología y Química Agrícola, Unidad Docente e Investigadora de la Facultada de ciencias. Universidad de Granada, España.

Quesada, H., J. C. Salas y L. G. Romero, 2007. Manejo de desechos industriales peligrosos. Tecnología en marcha.

Jiménez-Cisneros, B. E. 2002. La contaminación Ambiental en México: Causas, Efectos y Tecnologías Apropriadas. México.

Kiely, G. 1999. Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. España, McGraw Hill.

Serrano Espinoza, L. 2004. Los residuos peligrosos en el mundo y México. Secretaria de Desarrollo Social, México.

Sharma, S. Pradhan, K. Satya, S. Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for waste management and in other uses – A Review. J. Am. Sci.

Hopewel, J., R. Dvorak y e. Kosior. 2009. Plastic recycling: challenges and opportunities. The Royal society.

<http://ecosia.org/search.php?q=residuos+peligrosos> (fecha de consulta 12/ene/2014)



Rico. S. M. Dr., 1995. Lámparas ahorradoras de energía: un producto industrial en continua evolución. ETS.De I.I. de Gijón.

Hazardous waste management system; Modification of the hazardous waste program; Hazardous waste lamps; FinalRule.US EPA, 1999.

García Ruiz, Juan Antonio (U.P.C), Moreno, Jordi Coves (U.P.C), Certain, Frederic (MOSECA), 1993.Lámparas de descarga como residuo industrial y urbano. Legislación. Procedimientos posibles de actuación.

Lighting waste, hazardous waste, Compliance Bulletin.Colorado Department and Public Health and Environment,2002.

National Mercury- Lamp recycling rate and availability of lamp recycling services in the U.S. Association of lightningand mercury recyclers, 2004.

Ing. Quím. Iribarne, R., 2002. Tecnologías de tratamiento de sólidos. Los residuos en el contexto de la luminotecnía. [www.dsostenible.com.ar](http://www.dsostenible.com.ar)

Davis M. L.,Masten S. J., 2004.Ingeniería y Ciencias Ambientales. Administración de residuos peligrosos. Mc Graw Hill.

Glynn J. H., Heinke Gary W., 1999. Ingeniería Ambiental. Residuos peligrosos.Pearson, Prentice Hall.

Kiely Gerard, 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. McGraw Hill.