



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL
MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LAS LÁMPARAS
DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO**

Carolina Theissen Herrera

Asesorado por la Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña

Coasesorado por el Ing. César Alfonso García Guerra

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL
MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LAS LÁMPARAS
DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CAROLINA THEISSEN HERRERA

ASESORADO POR LA DRA. CASTA PETRONA ZECEÑA ZECEÑA
COASESORADO POR EL ING. CÉSAR ALFONSO GARCÍA GUERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Enrique Alfredo Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

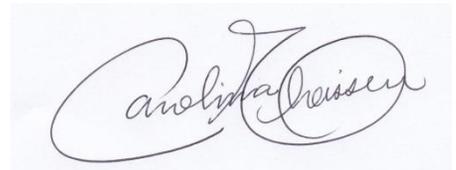
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LAS LÁMPARAS DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha de 27 de julio de 2011.

A handwritten signature in black ink, reading "Carolina Theissen Herrera", enclosed in a light blue rectangular box. The signature is written in a cursive style.

Carolina Theissen Herrera

Guatemala 23 de enero de 2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
Director
Escuela Ingeniería Química

Estimado Ing. Monzón:

Le saludo, esperando que sus actividades se lleven a cabo con éxito. El motivo de la presente es para informarle que, en mi calidad de asesora he revisado el Informe Final de la estudiante de Ingeniería Química, CAROLINA THEISSEN HERRERA, carnet 200614796 titulado, "ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LAS LÁMPARAS DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO".

Y considero que está listo para continuar con los procedimientos internos de aprobación de la Escuela de Ingeniería Química.

Sin otro particular, agradeciendo su atención a la presente, me despido,

Atentamente,


Dra. Casta Zeceña
Asesora


Dra. MSc e Ing.
Casta Zeceña Zeceña
Colegiado # 624



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 13 de marzo de 2013
Ref. EIQ.TG-IF.016.2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-182-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Carolina Theissen Herrera**

Identificada con número de carné: **2006-14796**

Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LAS LÁMPARAS DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Casta Petrona Zeceña Zeceña**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Jaime Domingo Carranza González
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Período 2013 - 2015



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.232.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **CAROLINA THEISSEN HERRERA** titulado: "ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LAS LÁMPARAS DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, agosto 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LAS LÁMPARAS DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO.**, presentado por la estudiante universitaria **Carolina Theissen Herrera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, agosto de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Mi padre celestial, por darme sabiduría y permitirme alcanzar este éxito.
- Mi padre** Edgar Rodolfo Theissen Orellana (+) porque sé que estarías orgulloso de mí, por enseñarme a nunca detenerme, a no rendirme, gracias por tu gran ejemplo, ¡te amo por siempre!
- Mi madre** Hilda Elisabeth Herrera Orellana, por estar conmigo, por tu dedicación, por darme el ejemplo, eres mi heroína, ¡te amo!
- Mi hermana** Monica Theissen Herrera, por acompañarme en mis desvelos y creer en mí. ¡Te amo!
- Mis abuelos** Francisco Theissen (+), Elida Orellana (+), Daniel Herrera (+) y María Elena Orellana por bendecir mi vida con su sabiduría y amor incondicional.

Mis tíos y tías

Porque de alguna forma me apoyaron en este camino y me infundieron aliento para no detenerme hasta alcanzar la meta. En especial a mi tía Sura y a mi tía Bessie.

Mis primos y primas

Por que siempre creyeron que podía lograrlo.

Mi familia en general

Por su amor y cariño.

Mi novio

Julio Díaz por tu comprensión, amor, consejos y por siempre estar a mi lado, te amo mi lindo.

Mis amigos y amigas

Por no dejarme tirar la toalla, ustedes saben quiénes son, los quiero mucho, sin ustedes no hubiera sido lo mismo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que incluyó en mí responsabilidad, compromiso y dedicación.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme el estudiar esta carrera tan maravillosa y alentarme a cambiar el mundo comenzando en mi país Guatemala.

**Escuela de Ingeniería
Química**

Por los conocimientos y la oportunidad de superación en mi vida.

La municipalidad de Mixco

Por el apoyo incondicional brindado en la realización de este proyecto.

**La Empresa Eléctrica de
Guatemala**

Por su valiosa colaboración para la realización de este proyecto.

Mi asesora

Dra. Casta Zeceña por su valiosa ayuda, dedicación, excelencia y apoyo incondicional. Gracias por permitirme ser parte de este proyecto.

Mi coasesor

Ing. César García por compartirme sus conocimientos sin límites ni reservas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Procedimiento técnico	7
2.2. Desechos sólidos	8
2.3. Tipos de lámparas	9
2.4. Tipos de desechos sólidos en las lámparas	11
2.4.1. Desechos electrónicos	12
2.4.2. Desechos metálicos	13
2.4.3. Desechos de polímeros	13
2.4.4. Otros desechos	14
2.5. Partes componentes de la lámpara	15
2.6. Reciclaje	18
2.6.1. Límites del reciclado	18
2.6.1.1. Límite ecológico	19
2.6.1.2. Límite económico	19
2.7. Producción más Limpia (P+L)	20
2.7.1. Centros de Producción más Limpia (P+L)	21

2.8.	Valor de recuperación	22
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	23
3.1.	Variables	23
3.1.1.	Variables independientes	23
3.1.2.	Variables dependientes	24
3.2.	Delimitación del campo de estudio	24
3.3.	Recursos humanos disponibles	25
3.4.	Recursos materiales disponibles	25
3.5.	Técnica cualitativa y cuantitativa	26
3.5.1.	Diseño preliminar	27
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	28
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	29
3.7.1.	Procedimiento para la clasificación de los desechos no tóxicos y su descripción	30
3.7.2.	Procedimiento para la cuantificación de los desechos tóxicos y no tóxicos	30
3.7.3.	Procedimiento para determinar el valor de recuperación al momento de reciclar los desechos no tóxicos	31
3.7.4.	Procedimiento para la elaboración del diseño de una propuesta de reglamento para el manejo integral de residuos sólido-líquido de las lámparas de alta presión del alumbrado público	32

4.	RESULTADOS	33
4.1.	Clasificación y descripción detallada de cada una de las partes de los distintos tipos de lámparas de alta presión del alumbrado público.....	33
4.2.	Determinación de la cantidad de los desechos sólidos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de vapor de mercurio presión del alumbrado público	34
4.3.	Determinación del valor de recuperación de los desechos sólidos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de alta presión del alumbrado público	38
4.4.	Propuesta de reglamento para el manejo integral de residuos de las lámparas de alta presión del alumbrado público	42
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
	CONCLUSIONES	47
	RECOMENDACIONES	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	APÉNDICES	55
	ANEXOS	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Lámpara tipo canasta	9
2.	Lámpara tipo cobra	10
3.	Lámpara tipo incandescente	11
4.	Desechos electrónicos.....	12
5.	Metales utilizados en las lámparas	13
6.	Uso de polímeros en las partes de las lámparas	14
7.	Cabezote	16
8.	Balastro.....	17
9.	Brazo de la lámpara.....	18
10.	Identificación de los límites ambientales y económicos de la valoración de los residuos. (a) Nivel aceptable (b) Costo de disposición final.....	20
11.	Diagrama de flujo del proceso	27
12.	Composición química de la lámpara	35
13.	Componentes tóxicos y no tóxicos de la lámpara	37
14.	Costo de recuperación por reciclaje de los desechos sólidos de la no tóxicos lámpara tipo canasta.....	39
15.	Valor de recuperación por reciclaje de los desechos sólidos de la no tóxicos lámpara tipo cobra	40
16.	Porcentaje de componentes reciclables y no reciclables.....	41
17.	Diagrama Ishikawa	42

TABLAS

I.	Definición de variables independientes	23
II.	Definición de variables dependientes	24
III.	Recursos humanos disponibles	25
IV.	Recursos materiales disponibles	26
V.	Tabla de clasificación de los componentes de la lámpara	29
VI.	Tabla de recolección de datos necesarios para la obtención del valor de recuperación	29
VII.	Tabla de clasificación de los componentes tóxicos y no tóxicos de la lámpara.....	33
VIII.	Cantidad en peso de cada componente de la lámpara	34
IX.	Tabla de clasificación de los componentes tóxicos y no tóxicos de la lámpara.....	36
X.	Valor de recuperación por reciclaje de 8 809 lámparas	38

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\cong	Aproximadamente
$Z_{\alpha/2}$	Confiabilidad
E	Error estimado
Kg	Kilogramo
N	Número de corridas
%	Porcentaje
P	Probabilidad de éxito
1-P	Probabilidad de fracaso
Q	Quetzales

GLOSARIO

Balastro	<p>Dispositivo electromagnético que provee las condiciones de arranque y operación de las lámparas eléctricas de descarga.</p> <p>Sirve para proporcionar a estas las condiciones de operación necesarias como: tensión, corriente y forma de onda.</p>
Brazo	<p>Parte de la lámpara que sostiene a la luminaria al poste establecido para el alumbrado público.</p>
Desechos sólidos	<p>Materiales que han perdido valor o utilidad para sus propietarios y se convierten en un estorbo.</p>
Fotocelda	<p>Dispositivo utilizado para el control del encendido y apagado automático de la lámpara de iluminación del alumbrado público.</p>
Luminaria	<p>También llamado bombillo, es el dispositivo que emite la luz, independientemente de su sistema.</p>
Polímero	<p>Compuesto que posee alta masa molar que puede llegar a miles o millones de gramos y está formado por muchas unidades que se repiten. Como por ejemplo, el plástico.</p>

Procedimiento técnico	Serie de pasos a seguir de forma ordenada aplicando procedimientos y métodos de una ciencia o actividad específica.
Reflector	Parte de la lámpara que tiene como función reflejar y redireccionar el flujo luminoso en dirección al refractor.
Refractor	Parte de la lámpara también llamado pantalla, utilizado para proteger el sistema óptico de la intemperie y también ayuda a distribuir los rayos de luz del bombillo. Puede ser de plástico, acrílico termoplástico o policarbonato termoplástico.
Reciclaje	Medio por el cual se puede sacar provecho de un residuo, transformando y finalmente elaborando un material útil.
Valor de recuperación	Cantidad de dinero que se obtiene como ganancia por aprovechar hasta los residuos o desechos obteniendo un beneficio monetario.

RESUMEN

El Fondo para el Desarrollo Científico y Tecnológico -FODECYT- que es una línea específica de financiamiento del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología -FONACYT-, orientada a financiar proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico en forma competitiva, en áreas importantes para el desarrollo nacional, las cuales son definidas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-, financió el proyecto de investigación FODECYT 19-2010 “Determinación, evaluación y propuesta del manejo de los desechos sólidos del alumbrado público en el departamento de Guatemala”, del cual forma parte este trabajo de graduación.

El objetivo principal fue elaborar un procedimiento técnico para el manejo de los desechos de las lámparas de alta presión de vapor de mercurio utilizadas en los sistemas de iluminación pública del municipio de Mixco, departamento de Guatemala.

Se realizó una clasificación y cuantificación de cada componente de la lámpara iniciando con el bombillo por clase (ampolla de cuarzo o ampolla de vidrio sinterizado) y color (blanco o transparente). Luego se clasificaron y cuantificaron los demás componentes: el casco se clasificó por tipo (cobra o canasta), el brazo por tamaño, reflector canasta se separó del refractor, para el caso de la lámpara tipo cobra se dejó el cabezote. Y por último se separó la fotocelda del cabezote. Terminado este proceso se tomó una muestra de cada tipo de lámpara y se desfragmentó hasta su componente más pequeño pesando y anotando el peso de cada uno.

El 99,96% de los materiales sólidos de la lámpara son reciclables.

La fase de campo se realizó en la bodega del municipio de Mixco, donde se clasificaron 8 809 lámparas lo que generó un desecho de 100,24 toneladas con lo cual se obtiene un valor de recuperación de Q2 217 476,48.

Es importante mencionar que únicamente se tomó en cuenta las lámparas de vapor de mercurio aunque sí fueron clasificadas las luminarias de vapor de sodio.

Al finalizar con la recopilación de datos se procedió a realizar el procedimiento técnico que será presentado a la Municipalidad de Mixco del departamento de Guatemala.

OBJETIVOS

General

Elaborar un procedimiento técnico para el manejo integral de los desechos de las lámparas de alta presión utilizadas en los sistemas de iluminación municipal.

Específicos

1. Clasificar y describir detalladamente cada una de las partes componentes de los diferentes tipos de lámparas de alta presión recolectados en el municipio de Mixco del departamento de Guatemala (ejecutar el almacenamiento temporal).
2. Determinar la cantidad de los desechos sólidos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión utilizadas en los sistemas de alumbrado público en el municipio de Mixco del departamento de Guatemala.
3. Determinar el valor de recuperación de los desechos sólidos no tóxicos de las lámparas de alta presión del alumbrado público.
4. Diseñar una propuesta de reglamento para el manejo integral de residuos sólido-líquidos de las lámparas de alta presión del alumbrado público.

INTRODUCCIÓN

Entre las primeras luminarias utilizadas en Guatemala se pueden mencionar las del tipo incandescente, las cuales son de muy baja durabilidad y eficiencia, por lo tanto, se buscó mejorar en eficiencia y durabilidad. Entre tales luminarias se puede mencionar las luminarias de descarga de alta presión como las de vapor de mercurio y las de vapor de sodio. Ambos tipos contienen las mismas cantidades de mercurio dependiendo de su voltaje. El mercurio es el componente de la lámpara que genera luz ultravioleta y funciona como excitador de los electrones del halógeno para producir la luz visible. Actualmente, las municipalidades del departamento de Guatemala están cambiando luminarias de vapor de mercurio por luminarias de vapor de sodio, con el fin de generar un ahorro en el consumo de energía eléctrica.

Esto ha dado como resultado elevadas cantidades de desechos sólidos provenientes de las lámparas descartadas. Estos desechos han sido depositados en los basureros municipales y clandestinos ocasionando un fuerte impacto ambiental debido a la contaminación por el mercurio derramado en los suelos al romperse la ampolla ubicada en el interior del bombillo, la cual contiene dicho elemento. Este elemento es altamente tóxico al ser humano, ya que a largo plazo provoca enfermedades graves como daño en el sistema nervioso, en el cerebro, daño al ADN y cromosomas, efectos negativos en la reproducción, daños en los espermias, deformaciones de nacimiento, entre otros.

La basura eléctrica y electrónica es también de alto riesgo, por lo que debe ser tratada.

El presente trabajo de graduación forma parte de un proyecto de investigación financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología - SENACYT- entidad que da seguimiento a las actividades, proyectos y programas aprobados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en donde se propone un procedimiento con el cual se dé un manejo adecuado de los desechos sólidos no tóxicos de las lámparas, siguiendo el principio de las tres R: reducir, reciclar, reutilizar. Este principio se puede tomar del término Producción más Limpia -P+L- el cual es un término internacional utilizado con el fin de lograr la reducción de impactos ambientales provocados por productos, procesos y servicios, mediante estrategias, métodos y herramientas de gestión ambiental.

1. ANTECEDENTES

En el caso de la eficiencia energética, la Revista Summa “publicó un artículo tomado de Prensa Libre el 25 de noviembre de 2009, en el cual se dio a conocer que “el Gobierno de Guatemala propuso un plan de ahorro energético con el cambio de 5 millones de lámparas incandescentes por bulbos ahorradores (también el cambio de otros equipos eléctricos) con lo que se lograría reducir en un 2 % el consumo de energía eléctrica en el país. También publicó que en las comunas se sustituirán 300 000 lámparas de vapor de mercurio por otras de sodio. Con esta sustitución se lograría un ahorro del 40 % del consumo habitual de energía eléctrica. Pero generando altos volúmenes de desechos debido a las lámparas sustituidas”.¹

Suntecún, “presentó un tratamiento primario de los desechos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión del alumbrado público en las municipalidades de Guatemala, con el fin de proponer una técnica de separación de los desechos sólidos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión utilizadas en el sistema de alumbrado público”.²

¹ Revista digital SUMMA, Artículo: Guatemala impulsa plan de eficiencia energética. <http://www.revistasumma.com/economia/607-guatemala-impulsa-plan-de-eficiencia-energetica.html>. Consulta: enero 2011.

² Suntecún Castellanos, Alex. Tratamiento Primario Desechos de las Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión del Alumbrado Público en las Municipalidades de Guatemala. p. 15.

La investigación presenta el diseño de un procedimiento para el tratamiento primario de los desechos sólidos y se propone a las municipalidades una primera separación para el manejo adecuado del desecho generado por las lámparas de mercurio de alta presión.

Y finalmente se cuantificaron los distintos tipos de materiales que componen la lámpara y el peso del total de desechos generados de las lámparas de alta presión. Por consiguiente, en tal investigación se mostró una forma para el manejo adecuado de los desechos de las lámparas del alumbrado público.

Martínez, “presentó una guía de gestión integral de los residuos, en donde se propone la gestión integral de todos los tipos de lámparas de descarga, incluyendo las lámparas de alta presión y sus características. La guía se realizó en el Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe en Montevideo, con el fin de concientizar a los habitantes acerca del riesgo para su salud, así como, el impacto ambiental que se genera al no manejar de forma adecuada tales residuos o desechos. En dicha guía también se hace mención de la forma en la que se puede reciclar cada tipo de lámpara”.³

En el caso de las lámparas de descarga se reconoce en la guía la manera que propone La OSRAM, uno de los dos mayores fabricantes de la industria de la iluminación en el mundo, cuyo nombre deriva de *Osmio* y *Wolfram* (Wolframio en alemán), que eran los elementos comúnmente usados en los filamentos de las bombillas en los tiempos en que la

³ Martínez, J. 2005. *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. (en línea)*. p.1-64. http://www.basel.int/centers/proj_activ/stp_projects/08-02.pdf. Consulta: enero 2011.

compañía fue fundada. Estableció un gran sistema de recolección y reciclaje el cual es de aproximadamente el 90 % en peso.

Con base a sus investigaciones este estudio determinó la importancia de hacer conciencia sobre el reciclaje y manejo de los residuos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de alta presión (entre otros residuos) debido al riesgo en la salud y el impacto ambiental.

Sac, “con referencia a las partes de las lámparas de alta presión, realizó un análisis técnico-económico de la reparación de reactores utilizados en las lámparas de vapor de mercurio, realizado en el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala -INDE-, con el fin de ofrecer la identificación de equipo existente, causas y efectos de falla en las lámparas de alta presión y también una comparación técnica y económica de los reactores reconstruidos contra el reactor original. En esta investigación se presenta una descripción básica de la lámpara y entre otros aspectos se encuentra una guía de procedimientos para la reparación de las lámparas y como consecuencia se reutilizarían”.⁴

En conclusión, en este análisis se constató que existe una forma de reparación de las lámparas de alta presión para generar una economía en dicho establecimiento ya que se reutilizarán las lámparas sin necesidad de utilizar nuevas.

⁴ Sac Coyoy, Leonidas Amílcar. *Análisis Técnico-Económico de la Reparación de Reactores Utilizados en Lámparas de Vapor de Mercurio*. p.66-85.

Miguel Gascón, Ministro de Industria, Turismo y Comercio de Madrid, España, constituyó un reglamento sobre eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.

Este reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior, con la finalidad de mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como, la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero; también limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa y reducir la luz intrusa o molesta.

En este reglamento se considera varios tipos de alumbrado dentro de los cuales se toma en cuenta el alumbrado vial tanto funcional como ambiental. En conclusión lo que busca este reglamento es que se utilicen de forma adecuada los tipos de lámparas para cada área específica, con el fin de mejorar la eficiencia y garantizar un ahorro energético.

El viernes 27 de agosto de 2010 la Agencia Guatemalteca de Noticias -AGN- publicó en su sitio web literalmente lo siguiente:

“Las calles del municipio de Mixco están ahora iluminadas gracias a la ejecución de un proyecto de alumbrado público, impulsado por la municipalidad con una inversión de Q30 millones.

El proyecto consiste en la instalación y cambio de 20 mil lámparas de bajo consumo energético, en todos los postes del alumbrado público de la localidad, lo cual beneficia a más de un millón de habitantes del municipio, lo que representa mil kilómetros lineales de alumbrado”.

En cuanto a Producción más Limpia -P+L- se han establecido convenios y decretos en los cuales se propone llevar al país a lograr un desarrollo sostenible. En 1994 se establece la Agenda 21 en Guatemala y entre los puntos principales se encuentra fomentar la educación, capacitación y concientización ambiental como los principales componentes para generar el desarrollo sostenible del país.

Para ello, los objetivos principales son: protección y recuperación del patrimonio cultural y natural, fomento de la salud humana, educación ambiental y ciudadana. Dicha agenda proviene de la Agenda 21 de la Alianza Centroamericana para el Desarrollo -ALIDES- y del Plan de Acción Ambiental -PAA-.

En 1999 se crea el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia -CGP+L- con el apoyo de instituciones nacionales tales como: Cámara de Industria de Guatemala -CIG-, Universidad del Valle de Guatemala -UVG-, Asociación de Azucareros de Guatemala -ASAZGUA-; también con el apoyo de organizaciones internacionales como la Organización de Naciones Unidas del Desarrollo Industrial -ONUUDI-, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente -PNUMA- y la Agencia de Cooperación Económica de Suiza, esta última es una institución técnica que tiene por misión desarrollar y facilitar servicios, así como, fortalecer la capacidad local en la aplicación P+L para que las empresas del país logren ser más compatibles con el ambiente y lograr competitividad y eficiencia.

En el 2000 se crea el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como ente rector de la gestión ambiental en Guatemala. Tanto la Ley de Creación (Decreto 96-2000) como el Reglamento Orgánico Interno (Acuerdo Gubernativo 186 - 2001) del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales establecen que

dicho reglamento en coordinación con el Ministerio de Educación han de diseñar la Política Nacional de Educación Ambiental.

El 4 de noviembre del 2009 se firma el Convenio de Cooperación Técnica entre Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, Centro Guatemalteco de Producción más Limpia -CGP+L- y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala -FIUSAC-, con el propósito de dar a conocer la temática de P+L, en los niveles de pre y posgrado a nivel universitario, y así difundir, promocionar, investigar y aplicar la P+L en Guatemala y lograr que los profesionales del futuro utilicen herramientas de competitividad y normas ambientales en las empresas, negocios propios o donde se desenvuelvan.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Procedimiento técnico

La definición de procedimiento técnico se compone de dos palabras, procedimiento y técnico donde, un procedimiento es el conjunto de acciones que un individuo sigue de forma ordenada y que le lleva a cumplir la meta trazada desde el inicio siguiendo un orden específico para lograrlo (Coll, 1986).

Trepat “define tres características de lo que es un procedimiento, derivadas del concepto anterior:

- Es una serie de pasos conocidos con anterioridad y que se saben aplicar.
- Un procedimiento no es de prueba y error, pues se conocen con antelación el orden de los pasos a seguir.
- No sólo se conoce el orden a seguir sino también el por qué y para qué se hacen.

Por otro lado, el concepto de la palabra técnico que proviene de técnica, está definido como la forma de aplicar de manera práctica métodos de una ciencia determinada. Este término se aplica a la palabra propia de una ciencia, arte, profesión o una actividad específica”.⁵

⁵ Cristòfol-A. Trepat. *Procedimientos en Historia, un Punto de Vista Didáctico*. p. 65.

También es un término que se puede aplicar a un individuo cuando este posee conocimientos o habilidades especializadas para hacer uso de los procedimientos o recursos en relación con una ciencia o actividad específica.

Al unir tales conceptos se puede decir que un procedimiento técnico es una serie de pasos a seguir de forma ordenada aplicando procedimientos y métodos de una ciencia o actividad específica.

2.2. Desechos sólidos

“Son materiales que han perdido valor o utilidad para sus propietarios y se convierten en un estorbo. Son clasificados de acuerdo a su origen de generación: domiciliarios, comerciales, industriales y de servicios”.⁶

Otra fuente explica que un desecho sólido “es cualquier materia sólida que es descargada, depositada, enterrada, diluida o vertida al ambiente, en cantidades tales que puede producir alteraciones a la calidad ambiental y la salud humana”.⁷ Todo material que ya no se utiliza y que genera basura. El manejo integral de desechos se basa en la Ley de las 3 R. Estas son reducir, reusar y reciclar. “Estos principios deben ser la base de prácticas diferentes que nos llevan a hábitos diferentes”. Los desechos que se producen con mayor frecuencia en el país son de origen domiciliar y comercial. Pero también están los desechos generados en las ciudades, como por ejemplo, las lámparas del alumbrado público que ya no se utilizan.

⁶ Deffis, Armando. *La Basura es la solución*. p. 80.

⁷ Donis, Julio. *et al. Manual ciudadano sobre desechos sólidos*. p. 28 y 95.

2.3. Tipos de lámparas

Existen distintos tipos de lámparas de las cuales se analizarán tres diferentes.

Tipo canasta

Estas lámparas se utilizan en áreas exteriores como: calles, avenidas, parques, plazas municipales, caminos rurales, empedrados, exteriores de edificios y casas. Son las más comunes dentro del alumbrado público, de construcción ligera, durable y de instalación sencilla.

Su cuerpo o carcasa es de aluminio ligero y resistente, posee un acabado exterior anodizado para protegerlo contra la corrosión. Consta de un refractor de acrílico en forma de V y su color es gris. Ver figura 1.

Figura 1. **Lámpara tipo canasta**



Fuente: Instalaciones de la bodega de la Empresa Eléctrica de Guatemala-EEGSA-.

Tipo cobra

Este tipo de lámparas tiene aplicación en avenidas, estacionamientos, vías públicas, áreas comerciales, canchas de tenis, entre otras. Hay dos clases como se muestra en la figura 2. Una con revestimiento de aluminio y la otra posee la parte superior de aluminio y la parte inferior de hierro. La primera clase (ver figura 2 a) tiene acabado con pintura color gris, la segunda (ver figura 2 b) posee un acabado gris en la parte superior y negro en la parte inferior.

Ambas clases poseen un refractor de cristal termotemplado y otras con refractor de policarbonato, ambos tipos de refractor son resistentes al impacto y altas variaciones de temperatura. Están selladas herméticamente para impedir la entrada de contaminantes al conjunto óptico.

También poseen un reflector hecho de aluminio liso de alta reflectancia. Estas tienen como diferencia de las anteriores (tipo canasta, ver figura 1) el balastro y la forma.

Figura 2. **Lámpara tipo cobra**



Fuente: Instalaciones de la bodega de la Empresa Eléctrica de Guatemala-EEGSA-.

Incandescente

Este tipo de lámparas ya no se utilizan pues la duración del bombillo es limitada y el costo es elevado comparado con las lámparas de descarga.

Estas lámparas están fabricadas de hierro y el acabado con pintura anticorrosiva. Poseen un bombillo que produce luz debido a un filamento fabricado generalmente de tungsteno por ser de mayor durabilidad comparado con el filamento de carbón. Este filamento se calienta y emite luz visible.

Figura 3. **Lámpara incandescente**



Fuente: Instalaciones de la bodega de Mixco, Depto. de Guatemala.

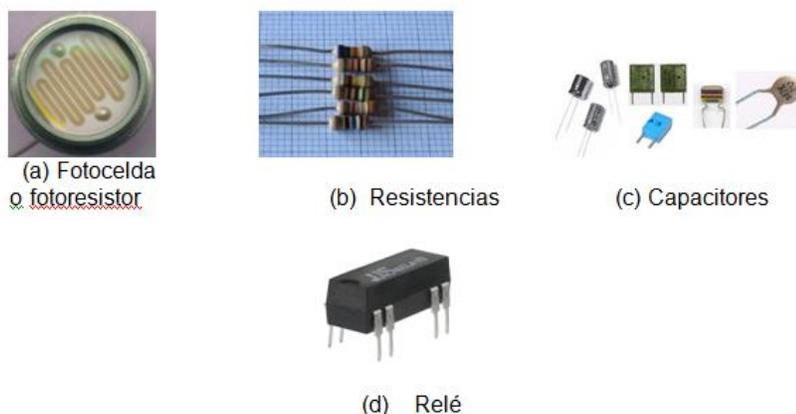
2.4. Tipos de desechos sólidos en las lámparas

Las lámparas en general poseen distintos tipos de materiales que al no ser utilizados se convierten en desechos sólidos. A continuación, se definen los desechos sólidos de las lámparas por tipo.

2.4.1. Desechos electrónicos

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico –OCDE– define los desechos electrónicos como: “cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil”. En el caso de las lámparas (ver figura 4) se puede mencionar las fotoceldas (a), resistencias (b), capacitores (c), relays (d), entre otros.

Figura 4. Desechos electrónicos



Fuente: www.google.com. Consulta: 14 de marzo de 2011.

2.4.2. Desechos metálicos

“Los metales se definen como elementos que son buenos conductores de calor y electricidad y tienen tendencia a formar iones positivos en los compuestos iónicos.”⁸

⁸ Chang, Raymond. “Glosario”. En: Química. p. G-6 y G-7.

En la figura 5 se muestran algunos de los metales contenidos en las lámparas de los cuales se pueden mencionar: el estaño, aluminio, hierro, mercurio, cobre, latón, entre otros.

Figura 5. **Metales utilizados en las lámparas**



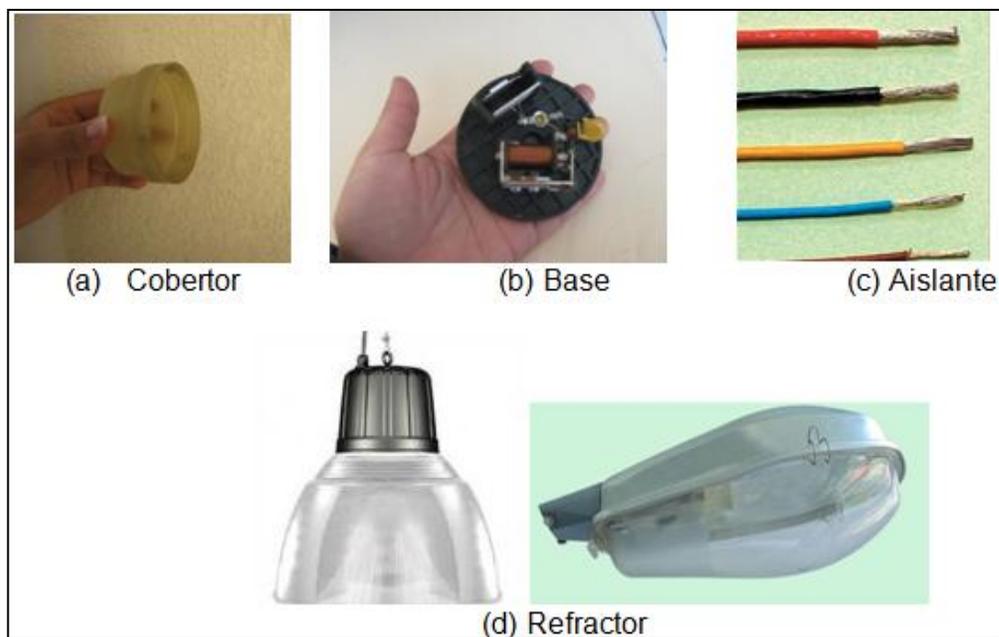
Fuente: www.google.com. Consulta: 11 de marzo de 2011.

2.4.3. **Desechos de polímeros**

Un polímero es un compuesto que posee alta masa molar que puede llegar a miles o millones de gramos y está formado por muchas unidades que se repiten.

Los polímeros plásticos son los que se utilizan en las lámparas ya sea como base o bien como cobertor en las fotoceldas, también como aislante en los alambres eléctricos. El policarbonato es también un polímero que es utilizado como refractor o pantalla de la lámpara. (Ver figura 6).

Figura 6. **Uso de polímeros en las partes de las lámparas**



Fuente: www.google.com. Consulta: 11 de marzo de 2011.

2.4.4. Otros desechos

Entre los desechos no mencionados están: el cuarzo, fibra de vidrio, cerámica, vidrio, argón, germanio, silicio, sodio, fósforo, carbón, tungsteno, esponja, entre otros.

De estos desechos algunos son utilizados en la parte electrónica de la lámpara, otros como parte de los bombillos y también como parte fundamental de la estructura de la lámpara.

Estos materiales al igual que los antes mencionados se convierten en desechos sólidos pues al perder estos su utilidad deben ser reemplazados por materiales nuevos o bien, son desechados, por ello, es necesario conocer la forma en la cual se puede tratar, ya sea reutilizándolo o reciclándolo.

2.5. Partes componentes de las lámparas

La lámpara está compuesta por seis partes principales, las cuales se describen a continuación:

- Fotocelda

Este es un dispositivo utilizado para el control del encendido y apagado automático de la lámpara de iluminación del alumbrado público. La lámpara se enciende automáticamente al anochecer y se apaga al amanecer. Está diseñado especialmente para actuar con luz natural (ver figura 4 a).

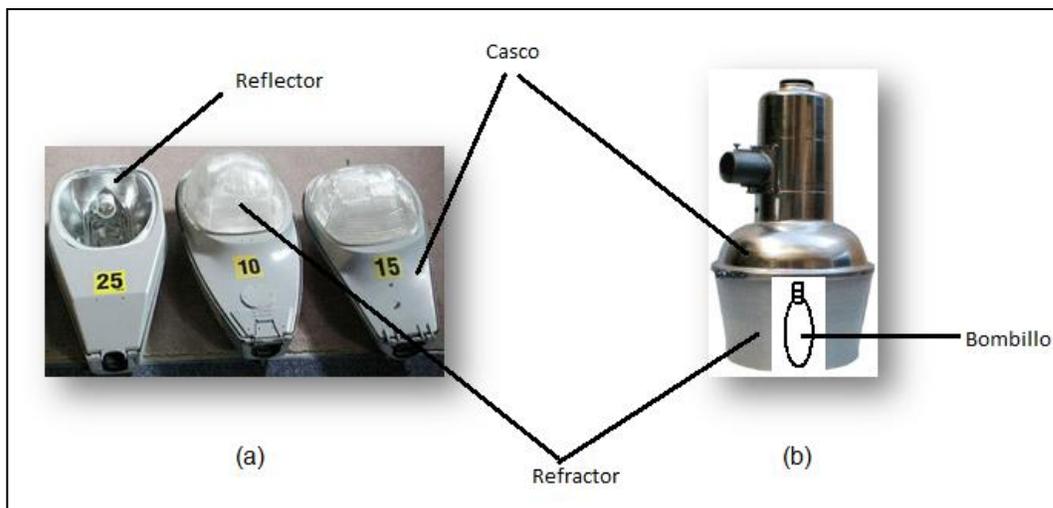
- Cabezote

Se divide de la siguiente manera (ver figura 7):

- Casco: contiene el material eléctrico de la lámpara.

- Pantalla (refractor): es utilizado para proteger el sistema óptico de la intemperie y también ayuda a distribuir los rayos de luz del bombillo. Puede ser de plástico, acrílico termoplástico o policarbonato termoplástico.
- Reflector: tiene como función reflejar y redireccionar el flujo luminoso en dirección al refractor. Es fabricado de aluminio.
- Bombillo: es el dispositivo que emite la luz, independientemente de su sistema.

Figura 7. **Cabezote**



Fuente: www.google.com. Consulta: 18 de mayo de 2011.

- **Balastro**

“Es un dispositivo electromagnético que provee las condiciones de arranque y operación de las lámparas eléctricas de descarga.

Sirve para proporcionar a estas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda”.⁹

Figura 8. **Balastro**



Fuente: www.google.com. Consulta: 8 de abril de 2011.

- **Brazo**

Es la parte que sostiene a la luminaria al poste establecido para el alumbrado público. Los hay de distintos tamaños dependiendo del lugar que se quiera iluminar. Si es en una colonia, si es en una avenida principal, etcétera. Mientras más área desea iluminarse así será la longitud del brazo que se utilizará.

⁹ Suntecún Castellanos, Alex. Tratamiento Primario de Desechos de las Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión del Alumbrado Público en las Municipalidades de Guatemala. p. 24.

Existen cuatro tamaños que utiliza la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA), están los de 1¼ X 4 pies, 1¼ X 6 pies, 2 X 8 pies y 2 X 12 pies (ver figura 9).

Figura 9. **Brazo de lámpara**



Fuente: Instalaciones de la bodega de la Empresa Eléctrica de Guatemala-EEGSA-.

2.6. Reciclaje

Este procedimiento permite que los materiales que quedan como desechos o residuos se puedan recuperar, transformar y finalmente elaborar un material útil. Reciclaje es el medio por el cual se puede sacar provecho de un residuo.

2.6.1. Límites del reciclado

El reciclado de los componentes de los residuos, consiste básicamente en la recuperación y la reintroducción en los procesos industriales y económicos. El reciclado propiamente dicho, tiene dos tipos de límites: el ecológico y el económico.

2.6.1.1. Límite ecológico

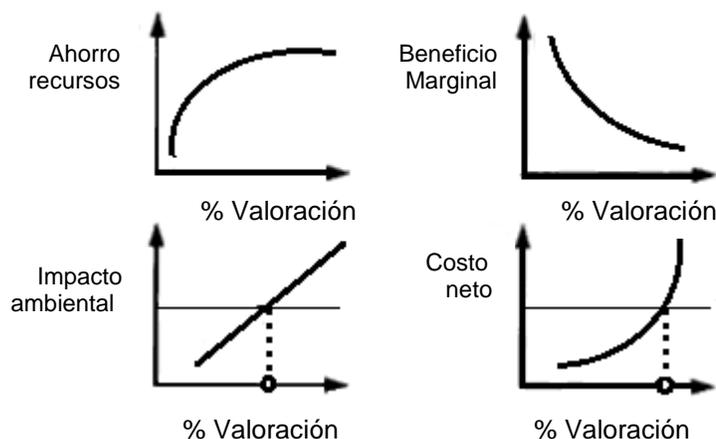
En cuanto a los factores ambientales se puede decir que se da principalmente por los procedimientos de conversión y transporte del ciclo de valorización. Y al observarlo como un sistema global se puede notar un incremento de la fracción valorizada que puede incrementar la energía, los recursos consumidos y las emisiones provocadas por los procesos de tratamiento a tal punto que el balance ambiental resulte negativo al valorizar una fracción más elevada.

2.6.1.2. Límite económico

Es necesario mencionar que todas las actividades de reciclaje dependen de los mercados de las materias valorizables, como de los mercados de las materias recuperadas obtenidas.

Por lo anterior, se puede decir, que cuanto mayores sean los porcentajes de valorización, el ahorro de recursos se incrementa y el beneficio económico también, no importando que a mayores porcentajes de valorización dicho beneficio económico disminuya. Ver figura 10.

Figura 10. **Identificación de los límites ambientales y económicos de la valorización de residuos. (a) Nivel aceptable (b) Costo de disposición final**



Fuente: Castells, Xavier Elías. Reciclaje de Residuos Industriales. p. 43.

2.7. Producción más Limpia (P+L)

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente -PNUMA- define P+L como una estrategia ambiental preventiva e integrada a los procesos, productos y servicios, para la reducción del impacto ambiental, optimización de recursos y reducir los riesgos al humano y a su entorno.

Autores de libros acerca de Producción más Limpia como Bart van Hoof, Néstor Monroy y Alex Saer señalan lo siguiente: la Producción más Limpia es un método vital para que las empresas lo incorporen a sus procesos productivos y contribuyan a evitar el deterioro del ambiente.

Este tema se ha convertido en materia obligada dentro del proceso de formación de profesionales en las distintas áreas de la ingeniería y las ciencias económicas administrativas.

Considerar la contaminación como una consecuencia de la ineficiencia de los procesos y las tecnologías utilizadas al interior de la empresa, son razonamientos de Producción más Limpia.

Actuar sobre esas ineficiencias, generará ahorros en materia prima, insumos y energía, mejorando la capacidad competitiva de la empresa y también su desempeño ambiental.

2.7.1. Centros de Producción más Limpia (P+L)

La creación de los centros de Producción más Limpia tiene como objetivo proveer a las empresas, negocios y otras instituciones, servicios y ayudarles técnicamente en la implementación de métodos, capacitaciones, prácticas, políticas, estrategias y transferencias de tecnologías en P+L. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial -ONUDI- y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente -PNUMA- tienen como fin impulsar Centros Nacionales de P+L, para incrementar la competitividad, crear nuevas formas de mercado para países en vías de desarrollo, impulsar alianzas entre las empresas públicas y las privadas y originar un cambio y transferencia de tecnología.

Con el apoyo de distintos países fueron creados 47 centros alrededor del mundo, 13 en África y la región Árabe, 7 en la región del Pacífico de Asia, 15 en Europa y el Centro de Asia y 12 en América Latina.

En Centroamérica fueron establecidos en los siguientes países: Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L) fue establecido el 15 de julio de 1999. Se convirtió en fundación el 13 de agosto de 2007. Actualmente, forma parte de la Red de Centros Nacionales de Producción más Limpia de ONUDI.

Uno de los objetivos de este centro es introducir medidas económicamente satisfactorias de P+L, que prevengan la contaminación a través de evaluaciones en planta, promover la introducción de tecnologías limpias, capacitar a empresarios y consultores y sobre todo informar a las empresas sobre P+L, aumentando la competitividad en dichas empresas.

2.8. Valor de recuperación

Es la cantidad de dinero que se obtiene como ganancia por aprovechar hasta los residuos o desechos para obtener un beneficio monetario.

Se entiende como ganancia a una utilidad, provecho o beneficio que se puede obtener en el transcurso de operación. También se puede decir que es la diferencia que existe entre el precio al cual un producto se vende y el costo neto del mismo. La meta de cualquier empresa o persona individual es generar ganancias por cada producto.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Para este trabajo de graduación requiere la definición de variables tanto dependientes como independientes y para el cumplimiento de los objetivos fue necesario tomar en cuenta las siguientes variables:

3.1.1. Variables independientes

Estas variables son aquellas que tienen la capacidad para influir, incidir o afectar a otras variables las cuales no dependen de otros factores para estar presente.

Para este trabajo de estudio se tienen las siguientes variables independientes:

Tabla I. **Definición de variables independientes**

No.	Variable	Tipos
1	Tipo de lámpara	Canasta
		Cobra
2	Tamaño	Grande
		Mediano
		Pequeño
3	Tipo de material	Metal
		Electrónico
		Vidrio (silicatos)
		Polímeros

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables dependientes

Estas variables son el objeto de estudio de esta investigación. Estas a diferencia de las independientes si dependen de otros factores. En esta investigación se enumeran a continuación las variables dependientes:

Tabla II. Definición de variables dependientes

No.	Variable	Dimensional
1	Peso	g
2	Cantidad de piezas de la lámpara	-

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

- Área: municipio de Mixco del departamento de Guatemala.
- Proceso: elaboración de un procedimiento técnico para el manejo adecuado de los desechos sólidos de las lámparas de mercurio de alta presión del alumbrado público.
- Ubicación: bodega del municipio de Mixco del departamento de Guatemala.

3.3. Recursos humanos disponibles

Con el apoyo de nueve personas, con funciones específicas, se facilitó el desarrollo de este trabajo de graduación. En la tabla III se describe la cantidad, por área, de las personas que participaron en el desarrollo de este trabajo:

Tabla III. Recursos humanos disponibles

	Descripción	Cantidad
Municipalidad de Mixco	Investigador	1
	Asesor	1
	Coasesor	1
	Profesional encargado	1
	Encargado de bodega	1
	Bodegueros	3
	Secretaria	1
	Total	9

Fuente: elaboración propia.

3.4. Recursos materiales disponibles

Los recursos materiales que se describen a continuación son necesarios para la realización de este proyecto. En la tabla IV se describe el equipo de seguridad (protección personal), equipo necesario para la manipulación de las lámparas y material de consumo.

Tabla IV. **Recursos materiales disponibles**

No.	Descripción
1	Materia prima (lámparas)
2	Batas
3	Mascarillas
4	Guantes de cuero
5	Guantes de látex
6	Gabachas
7	Cascos
8	Balanza
9	Cajas de cartón
10	Lapiceros
11	Hojas de papel para imprimir
12	Cuaderno de apuntes
13	Marcadores permanentes
14	Tape grueso transparente
15	Botiquín para emergencias
16	Cámara de fotos
17	Computadora
18	Desarmadores (punta plana y en forma de cruz)
19	Llave rach

Fuente: elaboración propia.

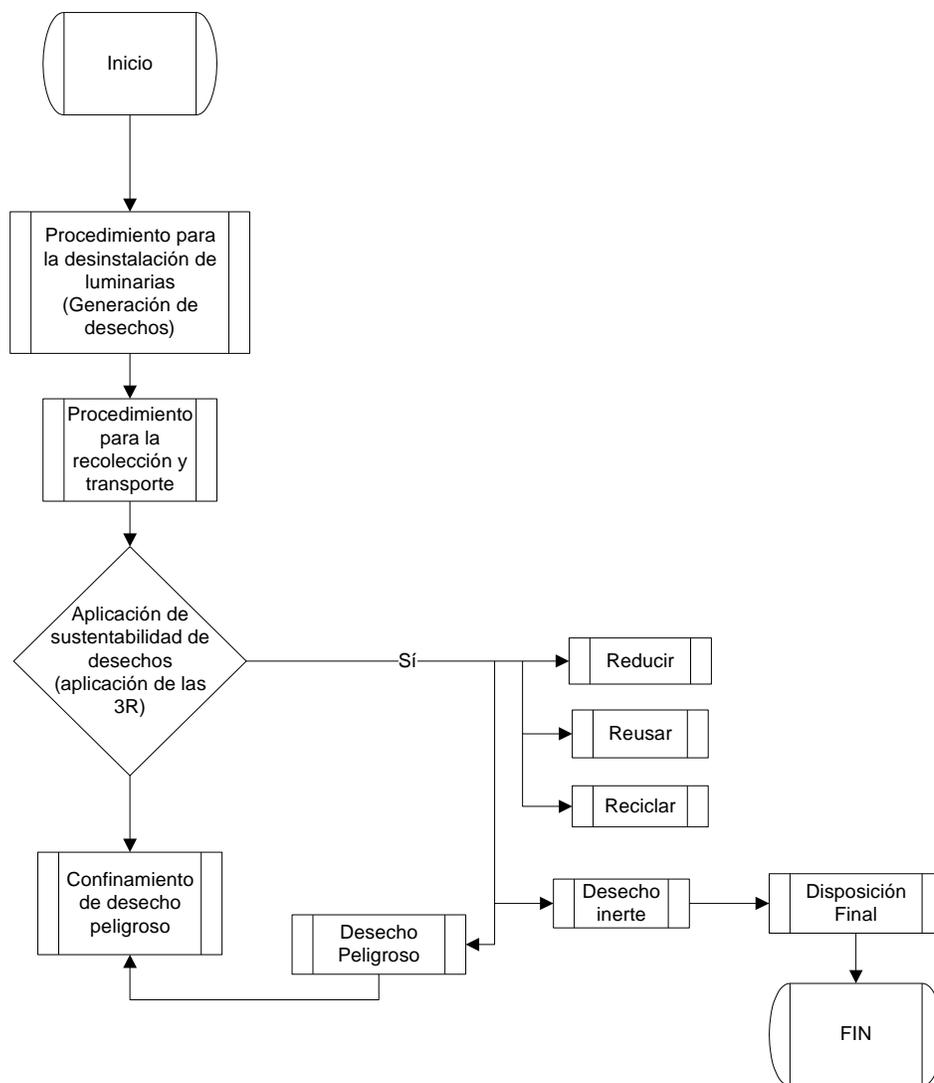
3.5. Técnica cualitativa y cuantitativa

Este trabajo de graduación se desarrolló con una técnica mixta, es decir, técnica cualitativa y cuantitativa para elaborar el procedimiento técnico que sirvió como herramienta para el manejo de los desechos sólidos no tóxicos de las lámparas del alumbrado público.

3.5.1. Diseño preliminar

El diseño preliminar describe paso a paso el desarrollo del procedimiento técnico para el manejo de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión del alumbrado público:

Figura 11. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: elaboración propia.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Para la elaboración de este trabajo de graduación se encontraron distintos tamaños de bombillos, tres clases distintas de lámparas; sin embargo, se dio énfasis a las lámparas de vapor de mercurio. Aunque el mismo procedimiento de separación se puede llevar a cabo con las de vapor de sodio y por consiguiente las incandescentes. Para cuantificar los componentes de cada tipo de lámpara fue necesario clasificarlas y fragmentar cada componente para su respectivo tratamiento. Se elaboró una tabla que contiene la descripción de los componentes, el material del cual están fabricados, la cantidad y peso de cada uno de ellos y su composición química por medio de una revisión de literatura.

La tabla V fue útil para conocer el valor de recuperación al reciclar los componentes en caso ya no se pudieran reutilizar. Al conocer el peso y la cantidad de cada material se pudo determinar el valor de recuperación al enviarlo a reciclar o reutilizar. Ver tabla VI.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En esta sección se describe la forma en la cual se tabulará, ordenará y procesará la información que será utilizada para la obtención de los resultados del trabajo de investigación.

Tabla V. **Tabla de clasificación de los componentes de la lámpara**

No.	Parte componente de la lámpara	Macrocomponente	Microcomponente
1			
2			
3			
n			

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Tabla de recolección de datos necesarios para la obtención del valor de recuperación**

Componente	Parte componente	Material	Peso unitario	Costo unitario	Total
Componente 1					
Componente 2					
Componente 3					
Componente n					

Fuente: elaboración propia.

3.7.1. Procedimiento para la clasificación de los desechos no tóxicos y su descripción

Para lograr este objetivo, inicialmente se separó cada uno de los componentes no tóxicos: los bombillos, el cabezote, el brazo, etcétera.

Los bombillos se clasificaron por tamaño en cajas de cartón, rotulándolas para mayor control.

Los cabezotes se clasificaron según el tipo de lámpara, ya sea tipo cobra o canasta. Los brazos de las lámparas se clasificaron por tamaño. Luego de esta clasificación se desarmó y se separó cada uno de los componentes como los tornillos, el refractor, reflector, material electrónico, etcétera.

La descripción de la composición química de cada uno de los componentes en una tabla por medio de una revisión de la literatura (ver tabla VIII en la sección de resultados). Esto con el fin de determinar cuál sería el procedimiento para el reciclaje, en caso se reciclara el componente analizado.

3.7.2. Procedimiento para la cuantificación de los desechos tóxicos y no tóxicos

Se clasificó como desecho tóxico o peligroso a la ampolla que contiene el mercurio. Los demás componentes de la lámpara fueron clasificados como desechos no tóxicos o inertes. Con la clasificación de cada uno de los componentes se cuantificó y se ordenó en una tabla como se muestra en la tabla V.

Se determinó el porcentaje que será reciclado, así como, el que no podrá ser reciclado por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Destinado a reciclaje} = \frac{\text{Kg de material reciclable}}{\text{Kg totales de materiales componentes de la luminaria}} \times 100$$

$$\% \text{ Destinado a confinamiento} = \frac{\text{Kg de material no reciclable}}{\text{Kg totales de materiales componentes de la luminaria}} \times 100$$

3.7.3. Procedimiento para determinar el valor de recuperación al momento de reciclar los desechos no tóxicos

Para este objetivo fue necesario el dato de la cantidad de cada componente, el peso promedio de cada uno y el valor del mismo al reciclarlo o reutilizarlo. Se utilizó una probabilidad de éxito del 95 %, siendo la probabilidad de fracaso del 5 % con un nivel de significancia del 5 % y un error estimado del 20 %.

Con la ecuación siguiente se procedió a determinar el número de corridas a realizarse para el peso de los componentes.

$$N = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 P(1-P)}{E^2}$$

Donde:

N = número de corridas

$Z_{\alpha/2}$ = confiabilidad

P = probabilidad de éxito

1-P = probabilidad de fracaso

E = error estimado

Sustituyendo los valores mencionados en la ecuación se obtuvo lo siguiente:

$$N = \frac{(1,96)^2 (0,95)(1-0,05)}{(0,20)^2} = 4,5619 \cong 5$$

La cantidad de corridas necesarias para obtener los pesos fue de 5.

Con los datos anteriores se pudo obtener el valor de recuperación al reciclar cada uno de los componentes, teniendo el peso promedio y la cantidad de los mismos.

3.7.4. Procedimiento para la elaboración del diseño de una propuesta de reglamento para el manejo integral de residuos sólido-líquido de las lámparas de alta presión del alumbrado público

A partir de un diagrama de Ishikawa fue posible el diseño de un reglamento para el manejo integral de los residuos sólido-líquidos de las lámparas desinstaladas. Por medio de este se describió detalladamente los puntos que pueden tomarse en cuenta para la elaboración del mismo.

4. RESULTADOS

4.1. Clasificación y descripción detallada de cada una de las partes de los distintos tipos de lámparas de alta presión del alumbrado público

A continuación se describe la composición química de cada parte de la lámpara y, a partir de ello, se obtienen los porcentajes de cada componente contenido en las lámparas.

Tabla VII. Clasificación de las partes componentes de la lámpara

DENOMINACIÓN	PARTES	MATERIALES	ELEMENTOS
Luminaria	Bombillo	Ampolla	Vidrio(boro-silicato)
	Tubo de descarga	Electrodos	Aleación
		Resistencia	Mercurio
		Capsula	Cuarzo(boro-silicato)
	Casquillo	Adaptador roscado	Aleación
	Soporte	Cerámico	Óxido de silicio
Circuito eléctrico	Conductores y resistencia	Aleaciones	
Cabezote	Casco	Metal	Aleación
	Balastro tipo canasta	Bobina	Cobre
		Conductor	Aleación
		Casquillo	Aleación
			Cerámico (óxido de silicio)
		Resorte	Acero
		Tuerca	Acero
		Tarjeta electrónica	Varios
	Tornillo	Acero	
	Balastro tipo cobra	Bobina	Cobre
		Resorte	Aleación
		Tuerca	Acero
		Conductor	Aleación
		Tarjeta electrónica	Varios
Sensor de encendido	Fotocelda	Cobertor	Plástico
		Tarjeta electrónica	Varios
Difusor	Tipo canasta	Refractor	Fibra de vidrio
		Tornillo	Acero
	Tipo cobra	Refractor	Fibra de vidrio
		Anillo de soporte	Hierro
Reflector	Tipo canasta	Tornillo	Acero
		Reflector	Aluminio
	Tipo cobra	Tornillos	Acero
		Reflector	Aluminio
		Aislante	Fibra de vidrio
		Tornillos	Acero
Soporte de luminaria	Brazo	Tubo	Hierro galvanizado
		Abrazadera	Hierro galvanizado
		Tornillos	Acero
		Tuerca	Acero

Fuente: elaboración propia.

4.2. Determinación de la cantidad de los desechos sólidos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión del alumbrado público

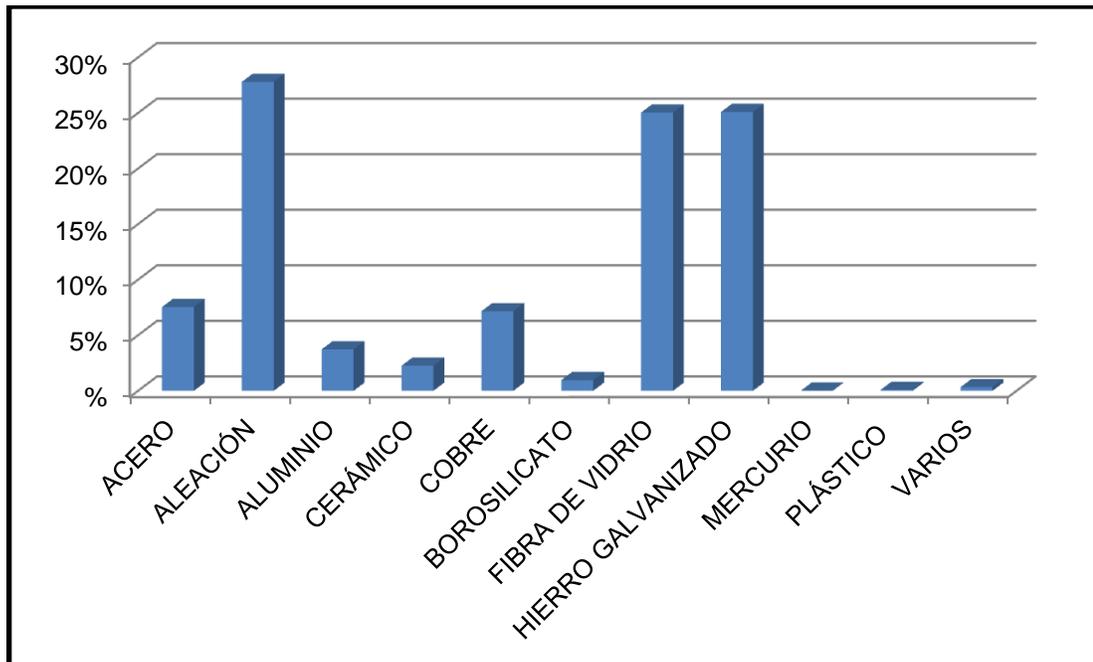
La siguiente tabla muestra la cantidad en peso de cada componente de la lámpara que se necesita conocer para determinar la cantidad de desechos sólidos peligrosos e inertes que componen la lámpara en peso.

Tabla VIII. Cantidad en peso de cada componente de la lámpara

PARTES	MATERIALES	PESO UNITARIO kg	% en Peso (%)
Bombillo	Ampolla	0,105	0,92
Tubo de descarga	Electrodos	0,034	0,30
	Resistencia	0,001	0,01
	Cápsula	0,0044	0,04
Casquillo	Adaptador roscado	0,0194	0,17
Soporte	Cerámico	0,152	1,34
Circuito eléctrico	Conductores y resistencia	0,005	0,04
Casco	Metal	0,5	4,39
Balastro tipo canasta	Bobina	1,63	14,32
	Conductor	0,002	0,02
	Casquillo	0,152	1,34
	Cápsula	0,105	0,92
	Resortes	0,0019	0,02
	Tuercas	0,001	0,01
	Tarjeta electrónica	0,005	0,04
	Tornillos	0,026	0,23
Balastro tipo cobra	Bobina	1,63	14,32
	Resorte	0,0019	0,02
	Tuerca	0,001	0,01
	Conductor	0,005	0,04
	Tarjeta electrónica	0,005	0,04
	Tornillos	0,26	2,28
Fotocelda	Cobertor	0,01	0,09
	Tarjeta electrónica	0,029	0,25
Difusor tipo canasta	Refractor	1,25	10,98
	Tornillos	0,003	0,03
Difusor tipo cobra	Refractor	1,5	13,18
	Anillo soporte	0,0012	0,01
	Tornillo	0,005	0,04
Reflector tipo canasta	Reflector	0,195	1,71
	Tornillo	0,004	0,04
Reflector tipo cobra	Reflector	0,23	2,02
	Aislante	0,1	0,88
	Tornillos	0,004	0,04
Brazo	Tubo	2,357	20,70
	Abrazadera	0,5	4,38
	Tornillos	0,3	2,64
	Tuerca	0,25	2,20

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Composición química de la lámpara según las partes componentes de la lámpara**



Fuente: elaboración propia.

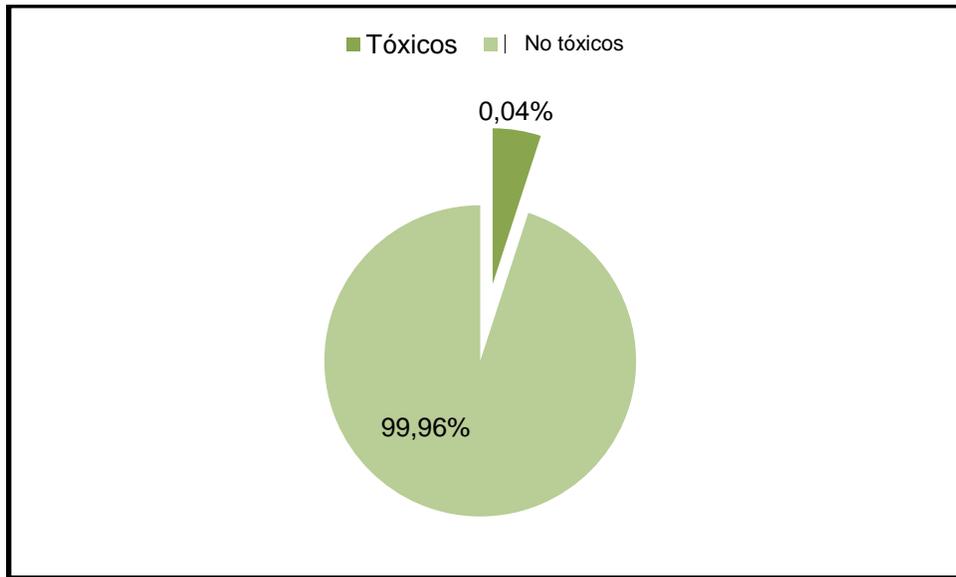
Observaciones: la gráfica muestra los resultados según la cantidad en peso de cada componente de la lámpara.

Tabla IX. **Tabla de clasificación de los componentes tóxicos y no tóxicos de la lámpara**

Materiales	Tóxico	Inerte
Ampolla		**
Mercurio	**	
Electrodos		**
Resistencia		**
Cápsula		**
Adaptador roscado		**
Cerámico		**
Conductores y resistencia		**
Metal		**
Bobina		**
Conductor		**
Casquillo		**
Cápsula		**
Resortes		**
Tuercas		**
Tarjeta electrónica		**
Tornillos		**
Bobina		**
Resorte		**
Tuerca		**
Conductor		**
Tarjeta electrónica		**
Tornillos		**
Cobertor		**
Tarjeta electrónica		**
Refractor		**
Tornillos		**
Refractor		**
Anillo soporte		**
Tornillo		**
Reflector		**
Tornillo		**
Reflector		**
Aislante		**
Tornillos		**
Tubo		**
Abrazadera		**
Tornillos		**
Tuerca		**

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Componentes tóxicos y no tóxicos de la lámpara**



Fuente: elaboración propia.

Observaciones: la gráfica muestra los resultados según la cantidad en peso de cada componente de la luminaria.

4.3. Determinación del valor de recuperación de los desechos sólidos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de alta presión del alumbrado público

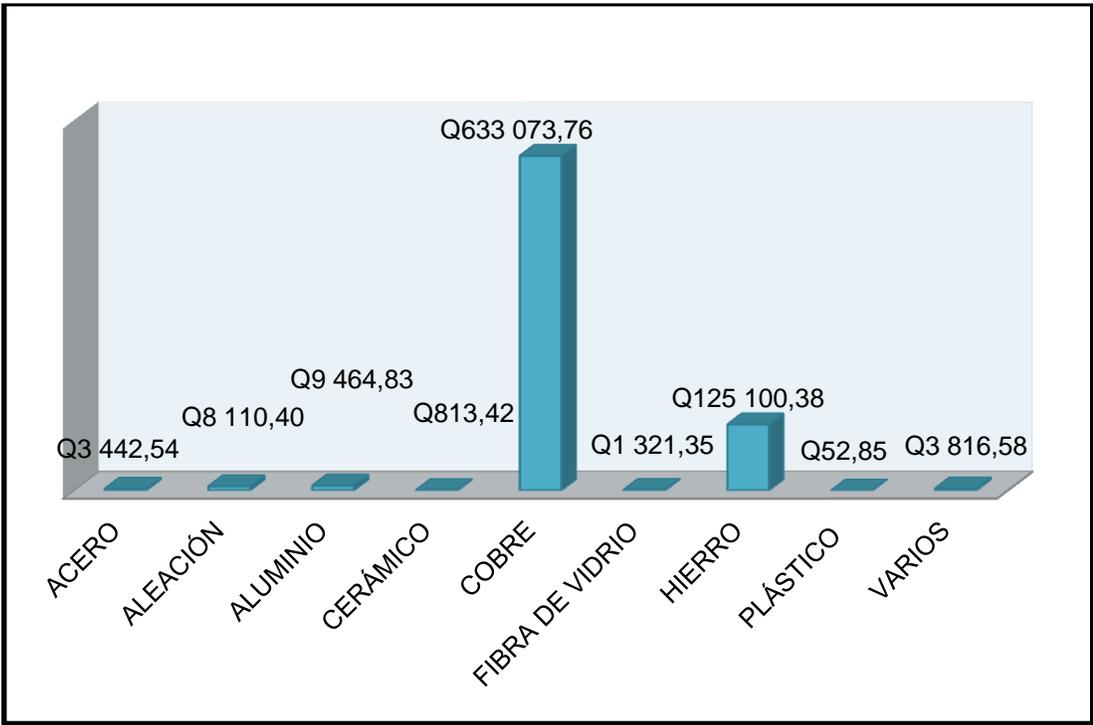
Las tablas descritas a continuación describen el valor económico de recuperación que se obtiene al hacer uso de las tres R. Esta cantidad demuestra que puede invertirse en la compra de más lámparas, o bien, en ciertas necesidades municipales.

Tabla X. Valor de recuperación por reciclaje de 8 809 lámparas

Partes	Materiales	Peso	Valor de recuperación unidad (Q/Kg)	Valor de recuperación tipo canasta (Q)	Valor de recuperación tipo cobra (Q)
Bombillo	Ampolla	--	--	--	--
	Electrodos	0,034	10	2 995,06	2 995,06
Tubo de descarga	Resistencia	0,001	10	88,09	88,09
	Cápsula	--	--	--	--
Casquillo	Adaptador roscado	0,0194	5,51	941,63	941,63
Soporte	Cerámico	0,152	0,6	803,38	803,38
Circuito eléctrico	Conductores y resistencia	0,005	10	440,45	440,45
Casco	Metal	0,5	0,6	2 642,7	2 642,7
	Bobina de cobre	1,63	44,09	633 073,76	--
	Conductor	0,002	10	176,18	--
	Casquillo	0,152	0,6	803,38	--
	Cápsula	0,105	0,12	111	--
	Resortes	0,0019	0,6	10,04	--
	Tuercas	0,001	0,6	5,28	--
	Tarjeta electrónica	0,005	10	440,45	--
	Tornillos	0,026	5,51	1 261,97	--
	Bobina	1,63	44,09	--	633 073,76
	Resorte	0,0019	0,6	--	10,04
	Tuerca	0,001	0,6	--	5,28
	Conductor	0,002	10	--	440,45
	Tarjeta electrónica	0,005	10	--	440,45
	Tornillos	0,26	10	--	22 903,4
	Cobertor	0,01	0,6	52,85	52,85
	Tarjeta electrónica	0,029	10	2 554,61	2 554,61
Difusor tipo canasta	Refractor	1,25	0,12	1 321,35	--
	Tornillos	0,003	0,6	15,85	--
	Refractor	1,5	5,51	--	1 585,62
	Anillo soporte	0,0012	0,6	--	6,34
	Tornillo	0,005	0,6	--	2,64
	Refractor	0,195	0,12	9 464,83	--
	Tornillo	0,004	0,6	21,14	--
	Refractor	0,23	5,51	--	11 163,64
	Aislante	0,1	5,51	--	4 853,76
	Tornillos	0,004	0,6	--	21,14
	Tubo	2,357	0,6	122 457,68	122 457,68
	Abrazadera	0,5	0,6	2 642,7	2 642,7
	Tornillos	0,3	0,6	1 585,62	1 585,62
	Tuerca	0,25	0,6	1 321,35	1 321,35
	TOTAL	785		811 711,29	

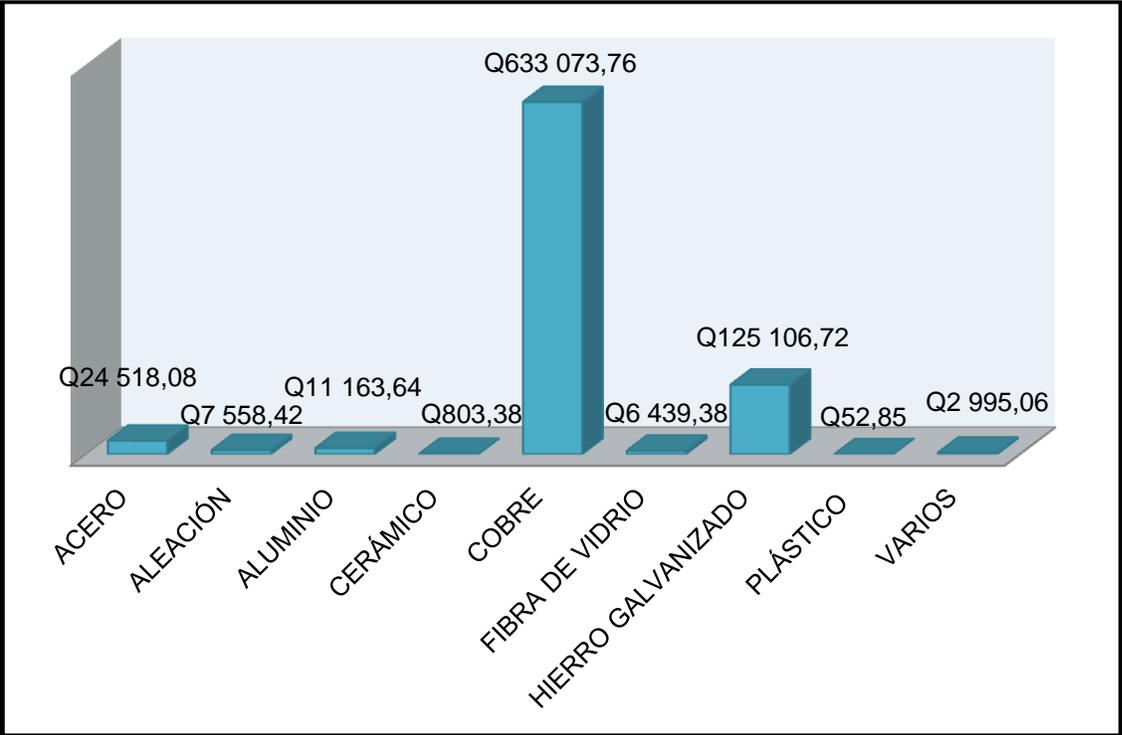
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Valor de recuperación por reciclaje de los desechos sólidos no tóxicos de la lámpara tipo canasta



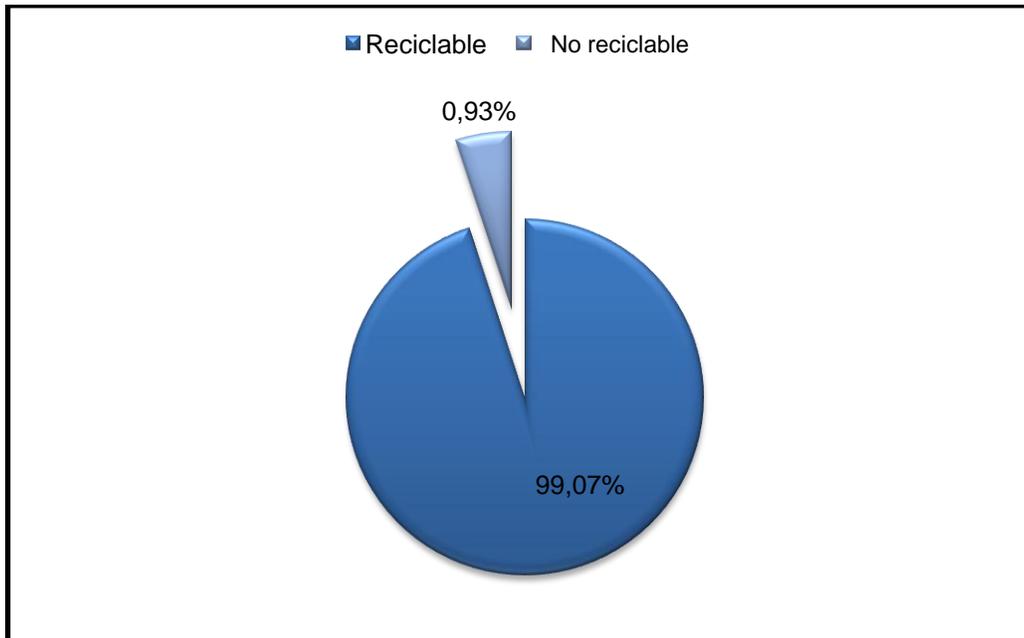
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Valor de recuperación por reciclaje de los desechos sólidos no tóxicos de la lámpara tipo cobra



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Porcentaje de componentes reciclables y no reciclables**

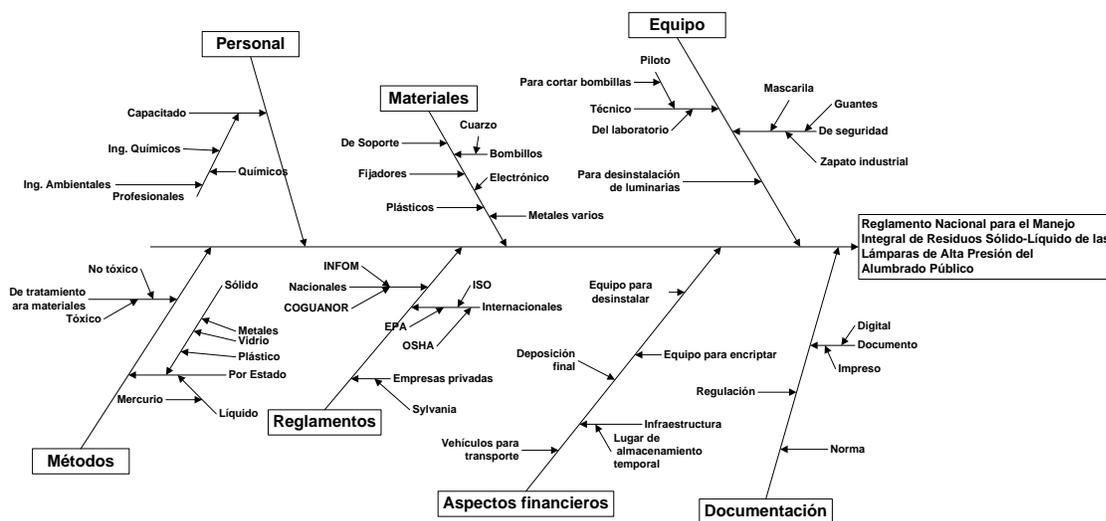


Fuente: elaboración propia.

4.4. Propuesta de reglamento para el manejo integral de residuos de las lámparas de alta presión del alumbrado público

El siguiente diagrama desglosa la información necesaria para la elaboración del procedimiento técnico para el manejo adecuado de los desechos de las lámparas de alta presión de vapor de mercurio del alumbrado público.

Figura 17. Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Nota: el reglamento se encuentra en el apéndice

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El manejo integral de los residuos de las lámparas de alta presión del alumbrado público es el mayor inconveniente con el que se han encontrado las municipalidades al momento que las luminarias llegan al tiempo máximo de vida útil.

Esta investigación se ha enfocado en las lámparas de vapor de mercurio. Estas lámparas proveen al consumidor 25 000 horas de luz. Uno de los componentes más tóxico que posee la lámpara es el excitador primario para que la luz sea posible, el mercurio. Dicho compuesto es extremadamente dañino, tanto al ser humano como al ambiente. Las municipalidades de Guatemala decidieron cambiar las lámparas de alta presión de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio, las cuales poseen mayor eficiencia energética. Al momento de cambiar dichas luminarias se provoca una fuerte contaminación ambiental, así como, a la salud del ser humano.

El procedimiento técnico que se propone sigue pasos sencillos que ayuda a evitar en gran medida la contaminación ambiental, así como, daños a la salud del ser humano. Este procedimiento surgió por la necesidad de un tratamiento adecuado a los desechos generados por el cambio de las lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio. Con él es posible el uso de las tres R: reducir, reciclar, reutilizar y también el confinamiento de desechos tóxicos e inertes al no poderse clasificar dentro de las tres R's.

La figura 12 muestra la composición química de la lámpara tomando como referencia los materiales que componen cada pieza de la lámpara. Esto indica de qué material están fabricadas las partes de la lámpara.

Por lo tanto, da una referencia de cuál es el material que se encuentra en mayor porcentaje en la lámpara. En el caso de las lámparas de vapor de mercurio el material en mayor porcentaje es metálico. Lo que indica que hay varias partes de la lámpara fabricadas de metal como cobre, hierro, aluminio, entre otros.

La tabla VIII muestra la cantidad en peso de cada componente de la lámpara que se necesita conocer para determinar la cantidad de desechos sólidos peligrosos e inertes que componen la lámpara en peso. El municipio de Mixco almacenó 8 809 lámparas (según el trabajo realizado por Proyecto FODECYT 19-2010).

La tabla IX muestra la clasificación de los componentes de la lámpara como componente tóxico o inerte. El único componente de alto riesgo es el mercurio. Todos los demás componentes fueron tratados según se requería (reciclaje, reutilización, reducción o bien, confinamiento). En la figura 13 se muestra dicha clasificación en porcentajes.

En la tabla X se puede observar que el valor económico de recuperación al hacer uso de las tres R es alto. El material componente de la lámpara mejor pagado es el cobre, el cual está contenido en la bobina del balastro. El valor de recuperación del cobre es alto, por las 8 809 lámparas almacenadas se puede obtener un valor de Q633 073,76. Un valor muy bueno que podrían invertirse en otras lámparas o en otras necesidades de las municipalidades. Ver figura 14 y figura 15.

La figura 16 presenta los porcentajes de componentes reciclables y lo que se destinará a ser confinado, se puede observar que en un 99,96 % los componentes pueden ser reutilizados o reciclados y el 0,04 %, que representan los desechos tóxicos, puede almacenarse temporalmente para ser tratados adecuadamente y reduciendo el volumen de los desechos sólidos generados.

Por medio del diagrama de Ishikawa fue posible la elaboración del reglamento para el manejo integral de los residuos sólido-líquidos de las lámparas de alta presión del alumbrado público que será de ayuda a las municipalidades para el tratamiento adecuado de sus desechos. Ver diagrama en figura 17 y reglamento en apéndice.

CONCLUSIONES

1. El procedimiento técnico propuesto es una herramienta que facilita el manejo de los desechos de las lámparas de vapor de mercurio para evitar la contaminación ambiental y el efecto negativo en la salud del ser humano.
2. Cada una de las partes que estén en buen estado, excepto el balastro, puede utilizarse como repuesto para las lámparas de vapor de sodio instaladas como sustitución de las de vapor de mercurio.
3. La clasificación y descripción detallada de cada componente de la lámpara fue necesaria para obtener las cantidades de cada componente, así como, el valor de recuperación que se obtiene al reciclar los materiales de la lámpara.
4. El 99,96 % de los componentes de la lámpara puede ser reciclado (excepto el mercurio) esto si no se desea reutilizarlo. De los componentes el de mayor valor de recuperación monetaria es el cobre, el que se encuentra en el balastro.
5. El mayor porcentaje de material que compone la lámpara es metálico, por lo tanto, en su mayoría la lámpara es vulnerable a la oxidación.
6. El tratamiento adecuado de los desechos permite que disminuya el volumen de los desechos de las lámparas de vapor de mercurio.

7. El mercurio es el componente más tóxico que contiene la lámpara. El tratamiento debe llevarse a cabo con cuidado pues el contacto con el mismo causa serios daños a la salud.

RECOMENDACIONES

1. Es importante hacer uso del procedimiento técnico para que se dé el manejo adecuado a los desechos de las lámparas del alumbrado público.
2. La clasificación previa de cada componente de la lámpara es de importancia para facilitar el seguimiento adecuado al procedimiento técnico para el manejo de los desechos sólidos.
3. El equipo de seguridad es indispensable debido al componente tóxico de la lámpara, el mercurio. Este componente produce enfermedades que afectan el ADN.
4. La ampolla que contiene el mercurio es el componente de la lámpara que debe tratarse con mayor cuidado que los demás componentes, por lo cual, la primera parte componente de la lámpara en separarse debe ser el bombillo.
5. El cobre es el material mejor pagado por lo que debe aprovecharse para reciclarlo.
6. Todos los componentes de la lámpara que han sido desinstalados deben ser almacenados en un lugar bajo techo debido a la vulnerabilidad al óxido que presentan los metales que forman parte de las lámparas.

7. Las municipalidades del país deben preocuparse por darle el tratamiento adecuado a los desechos de las lámparas del alumbrado público y así contribuir a disminuir la contaminación ambiental y prevenir daños en la salud del ser humano.

8. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales-MARN-debe regular el uso del reglamento del tratamiento de los desechos de las lámparas como requisito al momento de sustituir las lámparas de vapor de mercurio. Para que se cumpla con responsabilidad y así evitar contaminación ambiental y daños en la salud del ser humano.

BIBLIOGRAFÍA

1. Balastro [en línea]. <http://byconstrucciones.wordpress.com/>
[Consulta: 15 de marzo de 2011].
2. CASTELLS, Xavier Elías. *Reciclaje de Residuos Industriales*. [en línea]
http://books.google.com.gt/books?id=oA7ndthNMYQC&pg=PA43&dq=limites+ambientales+y+economicos&hl=es&ei=bUcTunOIMjdgQeRvsjUCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CC8Q6AEwAQ#v=onepage&q&f=false [Consulta: 07 de mayo del 2011].
3. CHANG, Raymond. *Química*. 7a ed. Colombia: Mc Graw Hill, 2002.
1000 p.
4. CRISTÓFOL-A. Trepat. *Procedimientos en historia, un punto de vista didáctico*. 4a ed. España: Graó, 2006. 353 p.
5. DEFFIS, Armando. *La basura es la solución*. México: Árbol Editorial, 1994. 80 p.
6. Distribuidora de Químicos Industriales. *Ficha Técnica del Mercurio*
[en línea].
http://69.167.133.98/~dqisaco/pdf/MERCURIO%20_METALICO.pdf.
[Consulta: 19 de febrero de 2012].
7. DONIS, Julio. *Manual ciudadano sobre desechos sólidos*. Centroamérica: Greenpeace, 1998. 100. p.

8. Fococelda [en línea]. [http://www.carrerailuminacion.com/home/index.php?content_option &task=view&id=64](http://www.carrerailuminacion.com/home/index.php?content_option&task=view&id=64) [Consulta: 15 de marzo de 2011].
9. Guatemala impulsa plan de eficiencia energética. En: *Revista Summa* [en línea]. <http://www.revistasumma.com/economia/607-guatemala-impulsa-plan-de-eficiencia-energetica.html>. [Consulta: 11 de abril de 2011].
10. MARTÍNEZ, J. *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos* [en línea]. Centro Coordinador del Convenio Basilea para América Latina y el Caribe. Uruguay. UY. (1). 64 p. 2005. http://www.basel.int/centers/proj_activ/stp_projects/08-02.pdf. [Consulta: 13 de febrero del 2011].
11. Metales [en línea]. <http://conocimientosmetals.blogspot.com/2010/06/los-metales-metales-pesados-ambiente-y.html> [Consulta: 15 de marzo de 2011].
12. RAMÍREZ, José. *Luminotecnia*. España: CEAC, 1993. 630 p.
13. SAC, Leonidas Amílcar. *Análisis Técnico-Económico de la Reparación de Reactores Utilizados en Lámparas de Vapor de Mercurio*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1992. 62 p.

14. SUNTECÚN, Alex. *Tratamiento Primario Desechos de las Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión del Alumbrado Público en las Municipalidades de Guatemala*. Trabajo de graduación de Estudios de Postgrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 88 p.

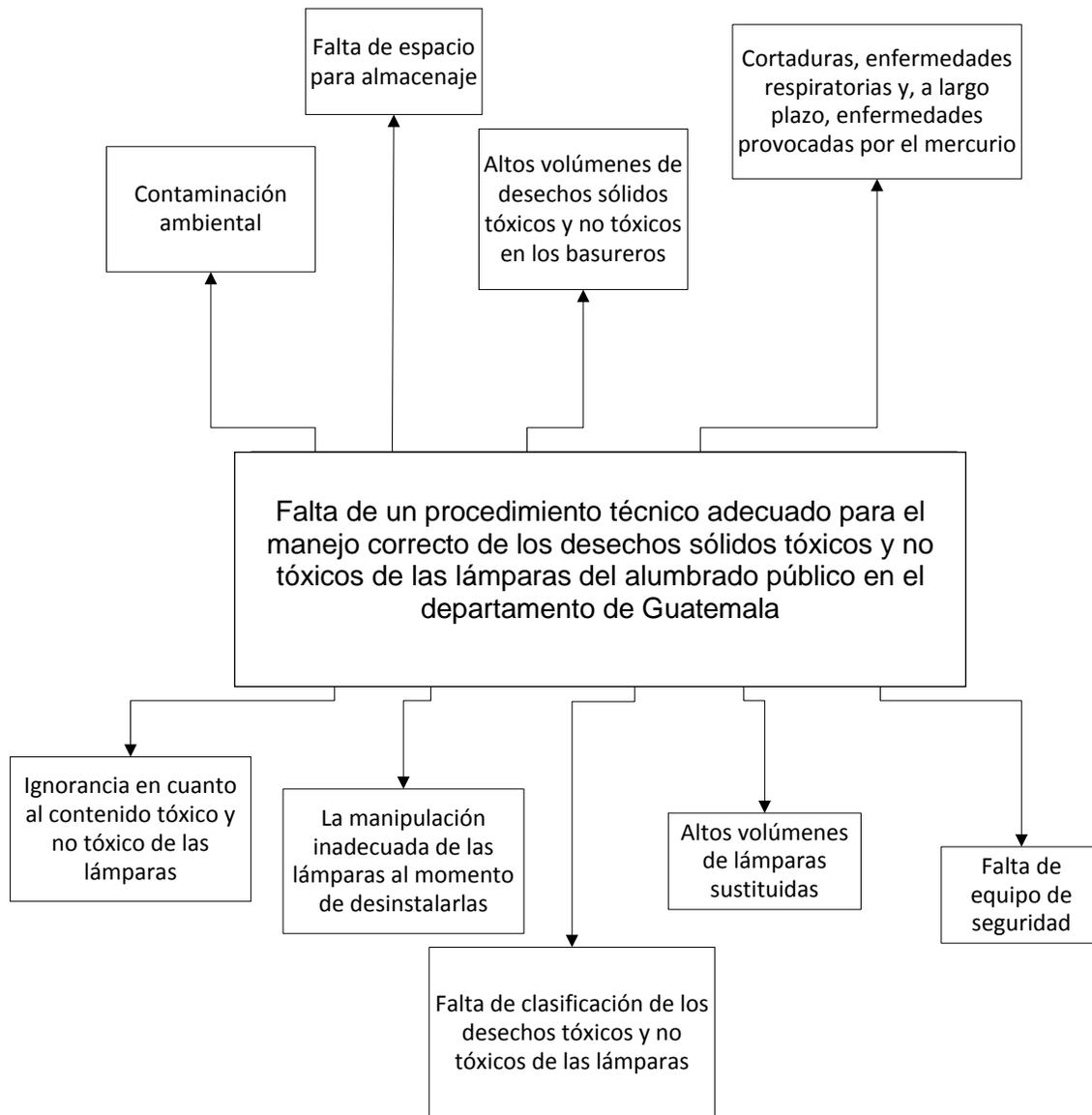
APÉNDICES

Apéndice 1. **Tabla de requisitos académicos**

Área	Cursos
Química	Química 3
	Química 4
	Análisis Cualitativo
	Análisis Cuantitativo
	Química Orgánica 1
	Química Orgánica 2
	Química Ambiental
Fisicoquímica	Fisicoquímica 1
	Ecología
Ciencias Básicas y Complementarias	Matemática Básica 1
	Matemática Básica 2
	Matemática Intermedia 1
	Estadística 1

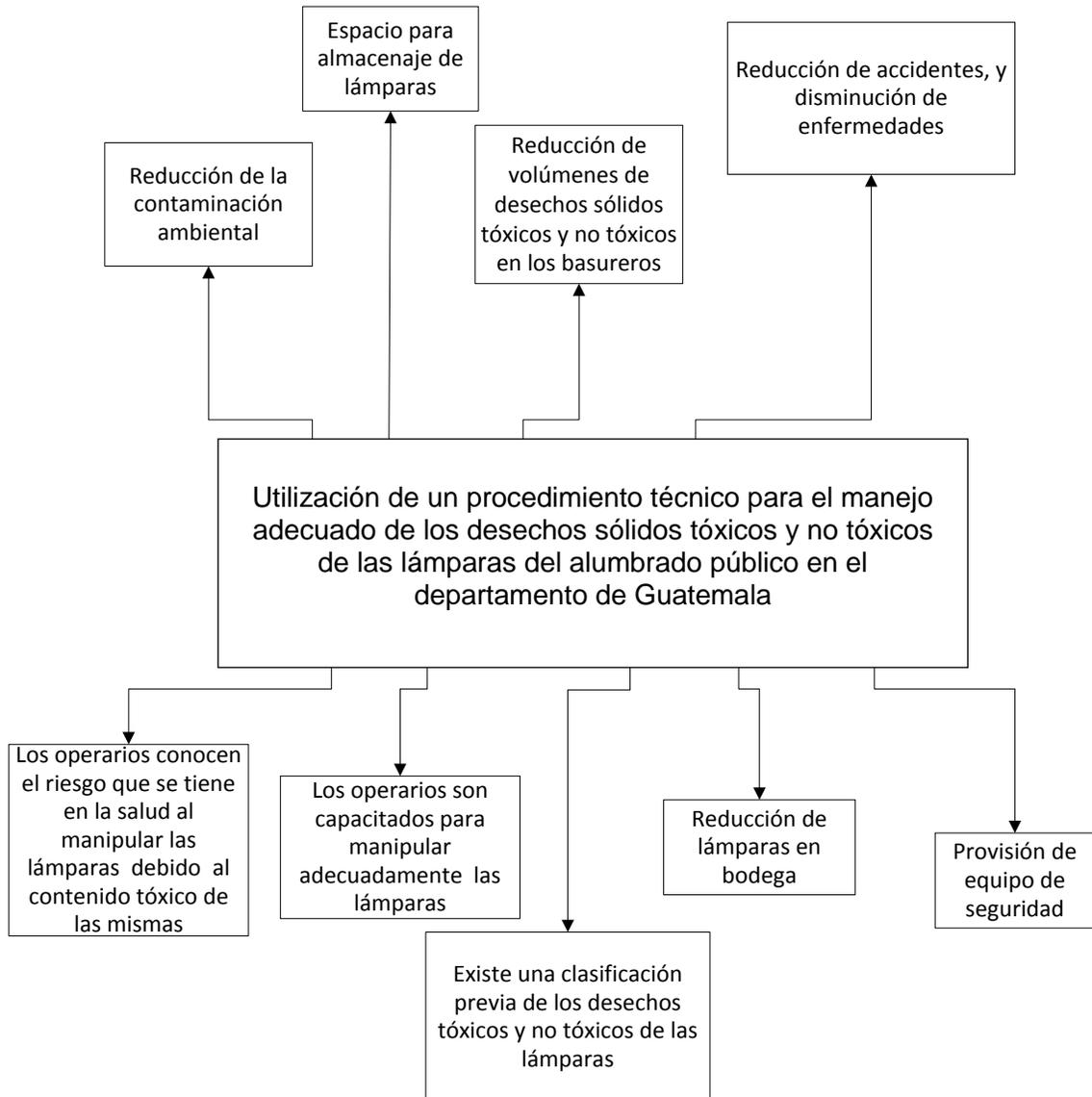
Fuente: pènsum de la carrera de Ingeniería Química, 2005

Apéndice 2. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Árbol de objetivos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Gastos de desinstalación, transporte y desfragmentación de lámparas**

Descripción	Costo (Q)
Desinstalación	Q25 por lámpara
Transporte	Q2,50 por km
Salario de Encargado de Bodega	Q2 250,00
Salario transportista	Q1 963,60
Salario ayudante transportista	Q1 963,60
Equipo de seguridad	Q2 500,00
Herramientas de Trabajo	Q1 500,00

Fuente: elaboración propia

Nota: Los gastos de desinstalación regularmente van incluidos en los gastos de compra e instalación de cada lámpara. Los salarios son salarios aproximados y pueden variar según lo establecido anualmente por el Gobierno de Guatemala.

ANEXOS

1. Ficha técnica del mercurio
2. Regulaciones ambientales
3. Procedimiento técnico para el manejo de los desechos de las lámparas de mercurio de alta presión utilizadas en los sistemas de iluminación municipal

FICHA TÉCNICA

MERCURIO (Hg)

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico Mercurio
Fórmula Molecular Hg
Peso Molecular 200.59 g/mol.
Sinónimos Azogue, Hidrargirio, plata ligera, plata líquida

2. DESCRIPCIÓN

Elemento metálico de número atómico 80.
Líquido brillante, plateado, lustroso, extremadamente pesado.
Insoluble en ácido clorhídrico; soluble en ácido sulfúrico con ebullición.
Completamente soluble en ácido nítrico.
Insoluble en agua, alcohol y éter.

3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Concentración 99.999 % min.

4. PROPIEDADES

Aspecto	líquido
Color	metálico
Olor	inodoro
Punto de fusión	+/-38.9 °C
Punto de ebullición	357.3 °C

Presión de vapor	0°C	→	0.00026 mbar
	10°C	→	0.0007 mbar
	20°C	→	0.017 mbar
	30°C	→	0.004 mbar
	100°C	→	0.368 mbar
Densidad			13.55 g/cm ³
Densidad aparente			13.550 kg/m ³
Solubilidad	25°C	→	0.02mg/l
	100°C	→	0.6 mg/l
Viscosidad	20°C	→	1.55 cP
	100°C	→	1.24 cP

5. APLICACIONES

Fabricación de interruptores eléctricos.

Generadores de vapor de mercurio, lámparas de vapor de mercurio.

Barómetros, termómetros, medicina.

Amalgamas en minería.

6. EFECTOS SOBRE LA SALUD

Ojos: Puede causar irritación

Piel: Puede causar leve irritación temporal

Ingestión: Puede causar daño al sistema digestivo

Inhalación: Puede causar dolor de cabeza, náuseas, vómito

El mercurio metálico es muy tóxico por absorción cutánea e inhalación de vapores.

Tolerancia de 0.05 mg por metro cúbico de aire. Es absorbido por el aparato respiratorio y los intestinos.

Todos los compuestos orgánicos e inorgánicos del mercurio son muy tóxicos por ingestión, inhalación y absorción cutánea. Tolerancia, 0.05 mg por metro cúbico de aire.

7. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua, durante 15 minutos, consultar al oftalmólogo

Efectos agudos sobre exposición: Causa efectos crónicos

Contacto con la piel: Enjuagar inmediatamente con jabón y abundante agua. Si la irritación de la piel continúa, debe consultar al médico.

Inhalación: En caso de inhalación puede producirse algunos síntomas que pueden tardarse en aparecer como somnolencia, náuseas, diarrea y vómito. Si se ha absorbido gran cantidad de sustancia, no se debe dejar a la persona sin atención y se debe buscar ayuda médica.

Ingestión: Enjuague la boca con abundante agua y suministre atención médica. Se debe realizar un lavado del tracto gastrointestinal.

8. EXPLOSIVIDAD E INCENDIO

El producto en sí no arde, se deben tomar las medidas necesarias según el incendio del entorno, enfriar los envases y depósitos lindantes con agua pulverizada.

Para atacar el incendio se puede utilizar agua, polvo químico seco, dióxido de carbono, todo tipo de extintor

Equipo de protección especial: En caso de incendio, llevar aparato respiratorio autónomo y traje de protección química adecuado

Peligros especiales en caso de incendio: En caso de incendio puede liberarse gases tóxicos que son más pesados que el aire por lo que pueden desplazarse al nivel del suelo.

9. MEDIDAS PARA ATENDER DERRAMES

Medidas de precaución de las personas: Evitar el contacto con los ojos, piel y ropa

Protección del medio ambiente: No permitir el paso al sistema de desagües, evitar la contaminación del subsuelo y aguas.

Medidas de recogida y limpieza: Recoger en seco y depositar en contenedores para su posterior eliminación para su posterior eliminación.

10. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación: No se debe consumir comidas, bebidas ni fumar en el lugar de trabajo.

Lavarse muy bien la cara y las manos después de manipular el producto.

Almacenamiento: Recipientes bien cerrados, en local bien ventilado, temperatura ambiente, acceso restringido, solo autorizado a técnicos.

La temperatura de almacenamiento ideal es 18 °C

11. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección Respiratoria:	Usar máscara de protección con filtro apropiado, cuando hay exposición prolongada.
Protección de la piel:	Es estrictamente necesario el uso de guantes
Protección de los Ojos:	Debe usarse gafas en todo momento.

12. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estable bajo condiciones normales de almacenamiento, no se descompone bajo el uso adecuado.

Materiales que deben evitarse: Acetiluros, aminas, azidas, amoniaco, metales alcalinos, halógenos, ácido sulfúrico concentrado, ácidos, carburos, halogenóxidos

13. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda: 44.3 mg/m³ /8 horas. Los compuestos de mercurio tienen efectos tóxicos en células y protoplasma. Los síntomas por intoxicación aguda con mercurio son:

Tras la inhalación, ocasiona irritación en las mucosas, tos y dificultad para respirar.

Tras contacto con la piel, causa irritación

Tras contacto con los ojos, causa irritación.

Tras ingestión, causa irritación en la mucosa de la boca, garganta, esófago y tracto gastrointestinal.

14. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Ecotoxicidad:

Photobacterium phosphoreum	0.046 mg/L	altamente tóxico
Algas (Sc Cuadricauda)	0.07 mg/L	altamente tóxico
Algas (m Aeruginosa)	0.005 mg/L	altamente tóxico
Peces (Salmónidos)	0.05 mg/L	altamente tóxico
Peces (P Promelas)	0.19 mg/L	altamente tóxico

Peces (Leuciscus Idus)

Bioacumulación Alto riesgo, el ion mercurio es bio-acumulable en la cadena trófica

No debe incorporarse a suelos ni acuíferos

15. DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final debe realizarse de acuerdo a la normativa de los organismos de control del distrito, no descargar en drenajes, los envases contaminados deben tratarse como el material mismo

16. INFORMACIÓN DEL TRANSPORTE

El producto debe transportarse en condiciones secas.

No se requieren recomendaciones especiales al transportador de acuerdo a la NFPA

Peligro para la salud	3
Peligro de inflamabilidad	0



Peligro de reactividad	0
Disposiciones especiales de reactividad	Ninguna
Número UN: 2809	

INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada, DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES no asume responsabilidad alguna por reclamos, pérdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida.

El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares

REGULACIONES AMBIENTALES

Regulaciones nacionales

En Guatemala, de conformidad con el artículo 7 del Decreto Número 68-86 del Congreso de la República “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente” se prohíbe la introducción al país por cualquier vía de todo tipo de residuo y desecho peligroso. Recientemente fue presentada ante la Comisión de Ambiente, Ecología y Recursos Naturales del honorable Congreso de la República la iniciativa de Ley para la Gestión y Manejo Integral de los Residuos y Desechos, propuesta que incorpora la gestión de los desechos peligrosos.

En materia de implementación, el MARN a través de la UPQDP, ha solicitado al Centro Regional del Convenio de Basilea para Centroamérica y México (CRCB-CAM) con sede en la ciudad de San Salvador, la coordinación de acciones entre las autoridades nacionales y puntos focales y las autoridades aduaneras de la región con el propósito de evitar movimientos ilícitos. Se ha detectado que existen empresas dedicadas a la comercialización de residuos y desechos para diversos fines, entre otros la recuperación, acopio, valoración y reciclaje, especialmente baterías ácido plomo usadas (BAPUs), sin ajustarse a los mecanismos de control que establece el Convenio de Basilea.

Sin embargo, Guatemala cuenta con el único centro de reciclado autorizado por Basilea y con certificación de Green Lead, entre otras certificaciones nacionales e internacionales.

Por su posición geográfica, el país puede ser considerado una ruta de tránsito de desechos peligrosos, toda vez la legislación interna lo prohíbe, además, no dispone de la infraestructura para brindar tratamiento y eliminación ambientalmente racional de estos desechos, con excepción de BAPUs.

Empresa nacional que cuenta con facilidades técnicas para el tratamiento durante las diferentes etapas del ciclo de vida y entre otras certificaciones, dispone con la certificación de la Secretaria del Convenio de Basilea que garantiza este tipo de operaciones de manera ambientalmente racional y responsable.

La gestión nacional para el control y seguimiento a movimientos transfronterizos, se ha venido realizando en la UPQDP especialmente sobre los siguientes desechos: lámparas de descarga, transformadores y capacitores contaminados con PCBs, pesticidas obsoletos, desperdicios químicos, desechos eléctricos y/o electrónicos y BAPUs con destino para disposición y eliminación a países como Finlandia, Francia, Holanda, Alemania y México, entre otros.

Regulaciones internacionales

- Regulaciones en México relacionadas con el mercurio

Existen ocho leyes federales (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley de Aguas Nacionales, Ley General de Salud, Ley Federal del Trabajo, Ley Federal de Sanidad Animal, Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y Ley Minera) que regulan diferentes aspectos del ciclo de vida del mercurio.

De estas disposiciones se derivan diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que establecen límites máximos permisibles de mercurio en: aguas residuales provenientes de la industria (especialmente de la industria de productos químicos inorgánicos), actividades agroindustriales y de servicios; en el ambiente laboral; en colorantes y pigmentos inorgánicos utilizados en alimentos y productos de perfumería y belleza; y en el recubrimiento de tintas y pinturas utilizadas en juguetes y artículos escolares.

Cabe señalar que se publicó un proyecto de NOM en materia de descargas de aguas residuales que en caso de aprobarse sustituirá cuarenta normas en la materia. Este proyecto indica límites máximos permisibles de descargas de mercurio en ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras, suelo y humedales naturales.

También existen NOM que establecen los métodos de prueba para la determinación de mercurio en alimentos, agua potable, agua purificada; en hígado, músculo y riñones de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves; y para la determinación de la peligrosidad de los residuos que contengan esta sustancia. Respecto a esto último, se tienen normas que enlistan el tipo de residuos con contenido de mercurio que están considerados como residuos peligrosos y los compuestos de mercurio que son transportados por vía terrestre.

Aunque no derivan NOM de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos ésta señala explícitamente en el Artículo 41 que el fulminato de mercurio se encuentra sujeto a las regulaciones que dicte la Secretaría de la Defensa Nacional. Asimismo, la Ley Minera señala que están sujetas a regulación de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, la exploración, explotación y beneficio de las vetas de mercurio.

En un comunicado de prensa el 30 de junio de 2011 se presentó literalmente lo siguiente:

“Los fabricantes de lámparas promueven que se armonice la reglamentación que afecta a ciertas lámparas de alto rendimiento”.

- Bruselas

La Federación Europea de Fabricantes de Lámparas (ELC) subraya la necesidad de armonizar los reglamentos nacionales e internacionales aplicables a determinadas lámparas de alto rendimiento utilizadas principalmente en aplicaciones profesionales.

Para conseguir que estos productos tengan una alta eficiencia, contienen pequeñas cantidades de emisores de bajo nivel de radiación.

Varios estudios independientes han demostrado que estas lámparas son inocuas para la salud y el medio ambiente. Mientras muchas autoridades reconocen que estos productos no requieren ningún control regulatorio, la interpretación e implementación de las normas internacionales de seguridad y su posterior adaptación en cada país sigue siendo muy variada.

La ELC está trabajando junto con las autoridades competentes para armonizar su interpretación y aplicación. Esto se ha traducido en que miembros de la ELC han obtenido ya la autorización en 30 países. Los fabricantes están ahora informando a sus clientes y otros grupos de interés sobre la situación actual país por país.”

Jürgen Sturm, Secretario General de la ELC, ha asegurado que “como un sector responsable, seguimos dialogando con las autoridades reguladoras nacionales e internacionales sobre los requisitos específicos para obtener una exención en cada país. Nuestro objetivo final es alcanzar una armonización del abanico de regulaciones a las que se enfrenta la cadena de suministro.”

Recomendaciones de Entidades

- Recomendaciones EPA¹⁰

La Environmental Protection Agency –EPA- trabaja en colaboración con la Administración de Alimentos y Drogas y con los estados y tribus indígenas para emitir avisos a las mujeres en edad fértil, mujeres embarazadas, madres que amamantan a sus hijos y padres de niños pequeños sobre la frecuencia en que deben ingerir ciertos tipos de pescado y mariscos que han sido pescados comercialmente. Los avisos sobre el consumo de pescado son también emitidos para hombres, mujeres y niños de todas las edades cuando es apropiado. El pescado es un alimento saludable, por lo tanto, la EPA alienta a las personas a continuar comiendo pescado, especialmente si es bajo en mercurio metílico.

- ✓ Coma una dieta balanceada pero evite pescado contaminado con altos niveles de mercurio.
- ✓ Reemplace los termómetros de mercurio con termómetros digitales
- ✓ No deje que los niños jueguen con mercurio
- ✓ Nunca caliente o queme mercurio

¹⁰ <http://www.epa.gov/espanol/mercurio/>

- ✓ Contacte al departamento de salud o medio ambiente de su estado o localidad si hay un derrame de mercurio - nunca use una aspiradora para limpiar un derrame de mercurio.
- ✓ La exposición a niveles altos de mercurio puede perjudicar el cerebro, el corazón, los riñones, los pulmones, y el sistema inmunológico de las personas de todas las edades.
- ✓ Los estudios de investigación revelan que el consumo básico de pescado de la mayoría de las personas no es motivo de preocupación. Sin embargo, se ha demostrado que los niveles altos de mercurio metílico en las vías sanguíneas de los bebés por nacer y los niños pequeños pueden ser perjudiciales al sistema nervioso en vías de desarrollo dificultando así su proceso de razonamiento y aprendizaje.
- ✓ Las aves y los mamíferos que se alimentan de los peces están más expuestos al mercurio que otros animales en los ecosistemas acuáticos. De igual manera, los predadores que comen animales que se alimentan de los peces pueden tener una exposición elevada. A niveles altos de exposición, los efectos dañinos del mercurio metílico en estos animales incluyen la muerte, la reproducción reducida, el crecimiento y desarrollo reducido y el comportamiento anormal.
- Recomendaciones de la Organización Panamericana para la Salud - OPS¹¹.

La exposición aguda al vapor de mercurio puede provocar náuseas, escalofríos, malestar, dolores en el tórax, dificultades para respirar, tos, inflamación de la mucosa bucal y de las encías, salivación y diarrea.

¹¹ <http://www.bvsde.ops-oms.org/ssmanual/Spanish/SaludYSeguridad1.pdf%20.pdf>

La inhalación aguda de gran cantidad puede provocar la irritación respiratoria severa y daño renal. La exposición crónica puede dar lugar a fatiga, anorexia y perturbaciones gastrointestinales.

- ✓ La reacción inicial debe ser el aislamiento inmediato del área y la realización de un procedimiento de limpieza.
- ✓ Como con cualquier otra sustancia peligrosa utilizada en el lugar de trabajo, debe haber un procedimiento definido para el manejo de los derrames y la limpieza de superficies contaminadas.
- ✓ Cualquier persona que participe en esta limpieza debe usar un equipo de protección personal adecuada que incluya ropa protectora y guantes.
- ✓ La limpieza en casos de un derrame mayor o de gran contaminación de mercurio (por ejemplo, el mercurio extraído de manómetros) solo debe estar a cargo de personas adiestradas para ello.
- ✓ Es importante controlar la disposición de desechos de mercurio en aquellos centros que cuentan con servicio de odontología.
- ✓ El suelo y las superficies de trabajo en las áreas en las que se manejan aparatos que contengan mercurio deben ser impermeables.



**“PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL MANEJO DE
LOS DESECHOS DE LAS LÁMPARAS DE MERCURIO
DE ALTA PRESIÓN UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS
DE ILUMINACIÓN MUNICIPAL”**

FODECYT 19-2010



GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012



**“PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA EL MANEJO
DE LOS DESECHOS DE LAS LÁMPARAS DE
MERCURIO DE ALTA PRESIÓN UTILIZADAS EN
LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN MUNICIPAL”**

FODECYT 19-2010



Dra. Casta Zeceña Zeceña

Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente
(Investigadora Principal)

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2012

ÍNDICE

Introducción	5
Alcance	6
Objetivos y Propósito del Procedimiento Técnico	6
Procedimiento Técnico para el Manejo de los Desechos Generados de las Lámparas de Alta Presión Utilizadas en los Sistemas de Iluminación Municipal	7
1. Reglamento Técnico	7
Sistema de Manejo de Residuos Sólido-líquido	8
Seguridad e Higiene	9
Manejo Inadecuados de Residuos Solido-Líquidos	15
Residuos Generados por la Actividad Eléctrica	16
Lámparas de Alta Presión	17
Clasificación de Luminarias	18
Reducción, Reutilización y Reciclaje	18
2. Desinstalación de Lámparas	19
3. Requerimientos de Almacenamiento Municipal	23
4. Tratamiento de Residuos Peligrosos	26
5. Clasificación y descripción detallada de cada una de las partes de los distintos tipos de lámparas de alta presión del alumbrado público	28
6. Determinación de la cantidad de los desechos sólidos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión del alumbrado público	31
7. Determinación del valor de recuperación de los desechos sólidos no tóxicos de las lámparas de alta presión del alumbrado público	36
Referencias Bibliográficas	38
Anexos	40
1. Hoja de Seguridad del Mercurio / Mercurio Elemental	40
2. Instrucción para el Manejo del Equipo de Cortado de Bombillo	51
3. Recomendaciones Entidades	55
4. Normas OSHA, Equipo de Protección de Personal	58
5. Regulaciones	59
Nacionales	59
Internacionales	59

Introducción

El proyecto FODECYT 19-2010 nace a raíz de la publicación en diferentes diarios del país del cambio de luminarias del alumbrado público del tipo mercurio de alta presión por lámparas de sodio¹ con el propósito de mejorar la eficiencia energética. La Universidad de San Carlos de Guatemala por medio de la Facultad de Ingeniería y la Escuela de Ingeniería Química preocupada en dicho proyecto al no considerar el impacto ambiental que representa el volumen de luminarias a reemplazar. De manera que presenta a la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología –SENACYT- el proyecto de investigación **“Determinación, evaluación y propuesta del manejo de los desechos sólidos del alumbrado Público en el departamento de Guatemala”** para su cofinanciamiento y cuya finalidad es evaluar un procedimiento técnico para el manejo adecuado de los desechos sólido- líquido tóxico y no tóxico de las lámparas de mercurio de alta presión utilizadas en los sistemas de alumbrado público.

Este documento está destinado a orientar a las autoridades municipales de Guatemala en la reglamentación y guía técnica para el tratamiento de los residuos tóxicos del mercurio.

¹ Se hace referencia que la sustitución de lámpara de mercurio por lámpara de sodio también esta última contiene mercurio, de manera que el manejo de desechos tóxico en luminaria prevalece.

Alcance

El presente documento establece los lineamientos para que los generadores de desechos provenientes de la operación de luminarias, realicen un manejo integral de los residuos especiales, peligrosos tóxicos y no tóxicos.

Objetivo y propósito del procedimiento técnico

El documento ofrece orientación a las municipalidades en relación al procedimiento de tratamiento de los desechos sólido-líquidos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de alta presión de mercurio utilizadas en el alumbrado público. Este documento procura guiar en la reutilización y reciclaje del material no tóxico y al mismo tiempo minimizar la exposición al material altamente tóxico (Mercurio) del personal municipal, trabajadores de residuos (guajeros) y de la comunidad; y prevenir el impacto en la contaminación del medioambiente.

Esta guía brinda información para establecer y describir los lineamientos mínimos necesarios que faciliten el manejo integral de residuos de luminarias de mercurio de alta presión al interior de las municipalidades surgidos del cambio de tecnología de la iluminación con fines de ahorro energético en las municipalidades del país.

Así mismo es una guía sobre el tratamiento adecuado de los desechos tóxicos como no tóxicos, y que considera desde la desinstalación de las luminarias, transporte, almacenamiento temporal de los desechos en bodegas municipales, tratamientos fisicoquímicos y encapsulamiento de los desechos tóxicos del mercurio.

Procedimiento Técnico para el Manejo de los Desechos Generados de las Lámparas de Alta Presión Utilizadas en los Sistemas de Iluminación Municipal

1. REGLAMENTO TÉCNICO

Es necesario orientar y educar al personal municipal sobre los diferentes tipos de lámparas de alta presión de mercurio y sobre el equipo de seguridad industrial y ambiental, además de precauciones que se deben ejecutar para un manejo adecuado de los desechos de luminarias previo a comenzar el proceso de desinstalación y almacenamiento temporal de luminarias. Consideremos las siguientes definiciones:

Residuo Peligroso: Son aquellos que en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, y patogeneidad, presentan un riesgo para la salud pública, o causan efectos, adversos al medio ambiente. No incluye los residuos radiactivos.

Residuo de luminarias de alumbrado público municipales: se considera a estos residuos de alto impacto ambiental por las características de su composición en los aspectos siguientes: Toxicidad, Patogeneidad y Reactividad.

-Toxicidad

Un residuo es tóxico si tiene el potencial de causar la muerte, lesiones graves, efectos perjudiciales para la salud del ser humano y animales si ingieren, inhalan, o entran en contacto con la piel.

-Patogeneidad

Son aquellos que contienen agentes patógenos, como microorganismos, o toxinas capaces de producir enfermedades o teratogenicidad² como la capacidad potencial del elemento o compuesto para producir malformaciones o defectos en la descendencia. No incluye en esta definición los residuos sólidos líquidos domiciliarios, o de efluentes domésticos.

- Reactividad

Un residuo es reactivo si muestra una de las siguientes propiedades: Ser normalmente inestable y reaccionar violentamente e inmediata sin detonar. Generar gases, presión de vapor alta (volatilidad) y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud, ambiente, cuando se mezcla con agua. Poseer en sus componentes cianuros, sulfuros, *metales que por reacción liberen gases*, vapores, humos tóxicos, en cantidades suficientes, para poner en riesgo la salud, humana, animal o el ambiente. Ser capaz de producir una reacción explosiva bajo la acción de una fuente de estímulo inicial o de calor en ambientes confinados.

Sistema de Manejo de Residuos Sólido-líquido

El sistema de manejo de los residuos se compone de cuatro subsistemas:

a) *Generación: Cualquier institución, persona, organización o empresa cuya acción cause la transformación de un material en un residuo.* Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso produce un residuo, o

² Se entiende por agente teratogénico a cualquier sustancia elemental o compuesto que estando presente durante la gestación, puede causar un defecto congénito (DC). Cabe aclarar que se incluye dentro de los DC a toda alteración estructural, funcional o metabólica identificable al nacimiento o más tardíamente y que resulta de un proceso de desarrollo prenatal anormal.

cuando lo derrama o lo descarta en un vertedero no controlado o cuando no utiliza más un material.

b) Transporte: Es aquel que lleva el residuo. El transportista puede transformarse en generador de tóxicos si el vehículo que transporta derrama su carga, o si cruza los límites internacionales (en el caso de residuos peligrosos), o si acumula lodos u otros residuos sólido-líquidos del material transportado.

c) Almacenamiento y Tratamiento: Estos incluyen la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control (almacenamiento y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes).

- Almacenaje temporal: Es un método que utiliza en algunos casos segregación (separación) inicial de los residuos, luego estos son almacenados bajo inventario en lugares previamente acondicionados y destinados para este fin, considerando los criterios de seguridad e higiene ocupacional.

- Tratamiento fisicoquímico: Conjunto de operaciones procesos y técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos o desechos, teniendo en cuenta el riesgo y grado peligrosidad de los mismos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente.

Procedimiento técnico mediante el cual, bajo la consideración que sea residuo tóxico o no, se procura su modificación fisicoquímica para atenuar el potencial reactivo y reducir su movilidad mediante metodologías validadas.

d) Disposición Final: Es la alternativa objetivamente seleccionada, la cual confina y deposita los mismos en el relleno sanitario idóneo.

a. Seguridad e Higiene:

a.1 Recolección y Clasificación:

i. Equipo de Protección Personal -PPE³- requerido para la desinstalación, transporte y almacenamiento temporal de los desechos de las lámparas del alumbrado público:

- ✓ Casco plástico
- ✓ Guantes de cuero (Tipo A⁴)
- ✓ Gabacha plástica
- ✓ Lentes de seguridad
- ✓ Mascarilla para partículas finas (recomendable **3M™ 8833**⁵)
- ✓ Camisa de manga larga de algodón (100%)
- ✓ Pantalón de lona (algodón 100%)
- ✓ Arnés
- ✓ Zapatos industriales (punta de acero)

Figura 1 Equipo de Protección Personal



Fuente: <http://isprotel.com>

³ PPE establecido por la Organización para la Salud e Higiene Ocupacional-OSHA-.

⁴ Guantes Tipo A-Mixtos/Cuero DENIM para montaje mecánico y eléctrico.

<http://www.guantesyguantes.com.pe/detalleclases.php?idclase=11&m=mt&nombre=Cuero>

⁵ - 3M™ 8833

Mascarilla Autofiltrante de Partículas/Nieblas/Humos Metálicos
Mascarilla moldeada FFP3

<http://www.sefiltra.com/mascarillas-autofiltrantes.php>

ii. Equipo de protección personal requerido para el tratamiento de los desechos tóxicos, (mercurio) de las lámparas del alumbrado público:

- ✓ Guantes de hule (recomendable **3M™ BLU**⁶)
- ✓ Bata de laboratorio
- ✓ Lentes de seguridad
- ✓ Mascarilla con filtro de carbono (recomendable **3M™ 4251**⁷)
- ✓ Camisa de manga larga
- ✓ Pantalón
- ✓ Zapatos cerrado

Figura 2 Equipo de protección personal proyecto 19-2010



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

⁶ Guantes 3M BLU- Guante de látex natural

Conforme a la ASTM D4679 año 2002 http://www.baci.com.ar/docs/fichas/salud/blu_version_3.pdf

⁷ Guantes 3M 4251 http://www.duerto.com/product_info.php/products_id/346

iii. Manejo de luminarias instaladas:

- ✓ Señalizar el área de trabajo. No olvidar utilizar el equipo de seguridad.
- ✓ Extraer la luminaria (bombillo), envolverla en papel periódico y depositarlo en el recipiente preparado anteriormente.
Este componente de la lámpara debe separarse del resto de ellos *ya que es el componente tóxico de la luminaria.*
- ✓ Separar el refractor del cabezote. En caso de no estar atornillado dejarlo y separar el cabezote del brazo para transportarlo.
- ✓ Desinstalar el brazo.

Nota: Evitar trabajar en días lluviosos y en horas nocturnas para evitar accidentes.

a.2 Separación de los componentes en bodega de almacenamiento temporal

iv. Manejo de los componentes de las luminarias:

- ✓ Luego de separado el bombillo proceder a clasificar cada uno de los componentes de la luminaria utilizando guantes de cuero, mascarilla y lentes de seguridad (Ref. PPE i). Debe separarse en reutilizable, reciclable o confinamiento de desecho peligroso.
- ✓ Los componentes metálicos de la lámpara como el brazo deben separarse siempre utilizando el equipo de seguridad, componentes tales como el reflector, el casco, los tornillos, etc; en caso no puedan reutilizarse estos se reciclarán.

- ✓ Los componentes de la lámpara como los silicatos (vidrio), deberán ubicarse mediante clasificación de identidad y para su manipuleo utilizar guantes de cuero para evitar cortaduras con el material.
- ✓ Separar todos los componentes plásticos (polímeros) mediante clasificación de reciclables o reutilizables.
- ✓ Todos los componentes de la luminaria que contengan partes electrónicas deberán separarse para reducir el volumen del desecho.
- ✓ Todos los bombillos que estén rotos deberá separarse la ampolla de cuarzo interior y colocarse en cajas plásticas y rotular su contenido con el símbolo:

Figura 3 Símbolo Desechos Tóxicos



Fuente: <http://www.portaldelmedioambiente.com>

a.3 Efectos en la salud y el medio ambiente:

- ✓ Efectos tóxicos del mercurio 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. El sistema nervioso es muy sensible a los efectos del mercurio.

La absorción del mercurio depende de su forma química, por ejemplo, el metilmercurio se absorbe en un 90% y el cloruro de mercurio sólo en un 2%.

En el anexo No. 1 se especifica la toxicidad del mercurio y el diagnóstico por la contaminación con mercurio en orina y en sangre, según la hoja de Toxicidad Laboral.

✓ Efectos en los ecosistemas

Por tratarse de un elemento el mercurio no se puede descomponer ni degradar en sustancias inofensivas. Durante su ciclo, el mercurio puede cambiar de estado y especie, pero su forma más simple es el mercurio elemental en estado líquido, nocivo para los seres humanos y el medio ambiente.

Figura 4 Gota de mercurio elemental en ampolla de cuarzo



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

El mercurio puede tener una gran movilidad y circular entre la superficie terrestre (manto friático) en forma líquida y la atmósfera, vapores de mercurio metálico. Los suelos superficiales de la tierra, las aguas y los sedimentos de fondo se consideran los principales depósitos biosféricos de mercurio. Por tanto, la liberación del mercurio a la biósfera abarca aire, suelo y cuerpos de agua.

Las liberaciones antropógenas generadas por el mercurio utilizado intencionalmente en productos y procesos (luminarias municipales), y que causan liberaciones durante su uso, su transporte, almacenamiento y deposición, facilitando la movilidad del metal en sus dos estados líquido y gaseoso.

Al ponerse en contacto con un ambiente acuático, el mercurio se transforma en metilmercurio, un potente neurotóxico que se acumula por medio de la cadena trófica, en los peces y humanos y fauna silvestre que de ellos se alimenta. El mercurio nunca desaparece del ambiente, asegurando que la contaminación de hoy será un problema en el futuro.

b. Manejo inadecuado de residuos sólido – líquidos

Enfermedades provocadas por vectores sanitarios: Existen varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos.

Contaminación de aguas: La disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cuerpos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.

Contaminación atmosférica: El material particulado, las combustiones o quemas de materiales, el ruido y los vapores y gases representan las principales causas de contaminación atmosférica.

Contaminación de suelos: Los suelos pueden ser alterados en su estructura debida a la acción de los líquidos percolados dejándolos inutilizada por largos periodos de tiempo.

Problemas paisajísticos y riesgo: La acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de tener en algunos casos asociados un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes.

Salud mental: Existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas.

c. Residuos Generados por la actividad eléctrica

Los residuos generados de mayor impacto ambiental, por sus volúmenes y por su riesgo ambiental son:

Residuos solido – liquido

No Peligrosos

- Chatarra metálica, plástica
- Domésticos
- Papel, cartones, vidrios
- Madera

Peligrosos

- Aceites y grasas
- Aceites dieléctricos con PCB
- Solventes y pinturas
- Asbestos
- Combustibles

- Otros productos químicos
- *Mercurio elemental (líquido)*

d. Lámparas de alta presión

Lámparas de Mercurio, Sodio y Fluorescentes: Estos residuos se generan durante las labores de mantenimientos de las redes de alumbrado, el cambio en las oficinas y / o talleres, entre otros.

Los tres tipos de lámparas con esta característica son:

- Vapor de mercurio
- Haluros metálicos
- Vapor de sodio.

En estos tipos de lámparas, el interior tiene una presión de gas superior a la atmosférica.

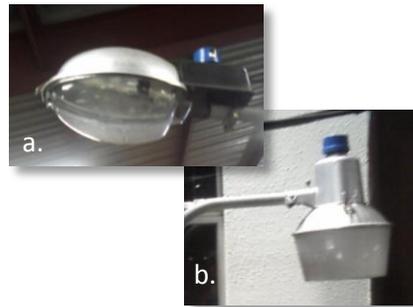
Estas constan de un tubo de cuarzo (para dejar pasar la luz UV) conteniendo pequeñas cantidades de mercurio y gases nobles a una presión de entre 1 y 10 atmósferas. En las lámparas de vapor de mercurio se generan las longitudes de onda típicas del mercurio de 404.7 nm, 435.8 nm, 546.1 nm y 577.9nm, más energía ultravioleta, este tipos de lámpara es la más usada en el sector eléctrico nacional, su riesgo radica en el mercurio presente en la lámpara.

En la actualidad son reemplazadas por las lámparas de sodio.

e. Clasificación de luminarias:

- i. Tungsteno
 - ✓ Incandescentes
- ii. Mercurio de alta presión
100, 175, 250 y 400 kW
 - ✓ Tipo cobra (a.)
 - ✓ Tipo canasta (b.)

Figura 5 Tipos de Lámparas



f. Reutilización, Reducción y Reciclaje

- ✓ Si las partes componentes están en buen estado utilizar dichas partes como repuesto de las lámparas en uso.
- ✓ En caso no pueda reutilizarse se reciclará. (metal)
- ✓ Los componentes peligrosos primero, se colectan, almacenan y procesan químicamente por el procedimiento validado en el Proyecto 19-2010 y posteriormente serán encapsulados y encriptados en cilindros de concreto para su posterior deposición
- ✓ Separar los componentes a reciclar de los componentes a reutilizar.
- ✓ Reducir la cantidad de desechos reciclando o reutilizando los componentes acumulados.
- ✓ El vidrio del bombillo no es reciclable, pero se puede reutilizar el vidrio molido como materiales de relleno o en baldosas cerámicas.

2. DESINSTALACION DE LUMINARIAS:

a. Clasificación de los componentes de las luminarias de mercurio de alta presión

- ✓ Designar un área específica en el vehículo para cada componente a separar de la luminaria.
- ✓ Disponer en recipiente específico (caja plástica) los bombillos de los demás componentes de la lámpara.
- ✓ Rotular cada caja con cantidad y tipo de bombillo
- ✓ Separar el cabezote tipo canasta del tipo cobra
- ✓ Clasificar los brazos por tamaño
- ✓ Separar el reflector tipo canasta del tipo cobra
- ✓ Designar un área para colocar todos los cables de conexión de las lámparas
- ✓ Disponer en recipiente específico (caja de cartón) las fotoceldas y rotular la cantidad.

b. Identificación de componentes tóxicos y no tóxicos de las luminarias de mercurio de alta presión.

- ✓ Identificar las cajas que contienen las cápsulas de mercurio como componente peligroso
- ✓ Separar de los demás componentes las cajas que contienen las cápsulas de mercurio.
- ✓ Los demás componentes se clasificarán como no tóxicos.
- ✓ Identificar el área designada para cada componente con el nombre, clasificación y cantidad.

c. Documentación para inventario de luminarias municipales

- ✓ Utilizar Tabla I para determinar la cantidad de componentes que se reutilizarán o reciclan.

Tabla I. **Tabla para inventario de luminarias**

No.	Descripción	Material	Estado		Reutilizable	Reciclable
			Útil	Inservible		
1	Componente 1					
n	Componente n					

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

- ✓ Utilizar Tabla II para clasificar las partes componentes de la luminaria en la recepción de las lámparas desinstaladas. Utilizar Tabla III para llevar un registro del peso de cada componente de la luminaria.
- ✓ Utilizar Tabla IV para la separación de los componentes de la luminaria como tóxico y no tóxico.

d. Almacenamiento temporal de componentes identificados de luminarias

i. Requerimientos de transporte

- ✓ El vehículo utilizado para el transporte de las lámparas debe ser cerrado. Esto para evitar la exposición excesiva al calor solar. También en caso de existir una colisión los componentes peligrosos de la lámpara no se derramarían al ambiente. En caso de no contar con un vehículo cerrado, cubrir con lona las carga de desechos para evitar la

exposición excesiva al calor solar, filtración de agua entre las cajas, etc.

- ✓ La carrocería del vehículo debe ser de tamaño y diseño adecuado, de acuerdo a la carga a transportar.
- ✓ La separación entre la cabina del conductor y la carrocería del vehículo, que esté diseñada para retener la carga si el vehículo se ve involucrado en una colisión.
- ✓ Debe existir un sistema adecuado para asegurar la carga durante el transporte.
- ✓ El conductor debe poseer licencia de conducir tipo A o B (aplica para Guatemala) y tener experiencia en manejo.
- ✓ Si hay derrame de mercurio agregar azufre y recoger con una pala pequeña sin tener contacto directo con el mismo.

Figura 6 Pala pequeña



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/small-dustpan-of-plastic-with-brush-607334875.html>

- ii. Procedimiento para el almacenamiento de componentes menores
 - ✓ Las cápsulas que contienen el mercurio deben ubicar en recipientes pequeños utilizando equipo de seguridad.
 - ✓ Rotular los recipientes con el letrero “*Componente Peligroso*” y el símbolo.
 - ✓ Las fotoceldas se pueden ubicar en cajas de cartón debidamente rotuladas para ser probadas y verificar si pueden reutilizarse. (con la cantidad de fotoceldas).

- ✓ Los tornillos y tuercas se pueden almacenar en recipientes pequeños con la especificación del contenido en el recipiente.
 - ✓ Para los alambres que contiene la lámpara en su interior se debe asignar un área específica y almacenarlos de forma ordenada y enrollados.
 - ✓ Rotular cada recipiente en lugar asignado (en caso no se pueda almacenar en cajas) especificar qué componente es, correlativo y cantidad de componentes (si aplica).
- iii. Procedimiento para el almacenamiento de componentes mayores
- ✓ Los componentes mayores deben ser almacenados bajo techo, cuidando que no queden a la intemperie, para evitar que se oxiden y así puedan reutilizarse.
 - ✓ Preparar los recipientes que contendrán las luminarias (bombillos). Dichos recipientes se rotularán y se ordenarán dentro de la bodega. También deberá indicar el estado (quebrada o entera) y cantidad de luminarias.
 - ✓ Utilizar equipo de seguridad para manipular las luminarias.
 - ✓ Envolver en papel periódico y almacenar en los recipientes plásticos, para separar las luminarias de las demás partes de la lámpara.
 - ✓ De las demás partes de la lámpara es importante separar el refractor para evitar que se rompa.
 - ✓ El cabezote, separar por tipo y tamaño.
 - ✓ El brazo, separar por tamaño
 - ✓ El reflector, separar por tipo y por tamaño
 - ✓ El balastro, separarlo por tipo.

- ✓ A cada componente designar un área específica dentro de la bodega y rotular en la pared indicando qué componente de la lámpara corresponde, y si fuere posible la cantidad.

3. REQUERIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO MUNICIPAL

a. Requerimientos de espacio

- ✓ El lugar de almacenamiento (bodega) debe ser techado y con muy buena iluminación, también debe estar ventilado para evitar contraer enfermedades respiratorias y evitar inhalar los vapores del mercurio que se escapan de las luminarias rotas.
- ✓ El lugar de almacenamiento debe ser de fácil mantenimiento, así como limpieza y descontaminación.
- ✓ Dentro de la bodega se debe utilizar mascarilla, lentes, casco, gabacha y zapatos industriales, para evitar el contacto directo con el componente tóxico de la luminaria.
- ✓ La bodega debe estar bien señalizada, con el fin de que las personas estén al tanto de las prohibiciones dentro de la misma, como No Fumar, No comer ni beber dentro del lugar, etc.
- ✓ La bodega debe estar dirigida por una persona con el conocimiento de los peligros que conlleva la manipulación inadecuada de los desechos. Esta persona será la responsable de llevar el inventario y control de entrada y salida de los materiales.

b. Requerimientos de identificación de componentes en buen estado

- ✓ Antes de manipular las luminarias se debe utilizar equipo de seguridad como precaución para que, en caso se rompa alguna luminaria, la persona no queda expuesta a los vapores del mercurio que logren escapar de la ampolla de cuarzo.
- ✓ Las luminarias se deben almacenar en recipientes plásticos de manera hermética.
- ✓ El personal de bodega debe clasificar las luminarias en enteras que funcionan y las que no funcionan.
- ✓ Rotular los recipientes y almacenarlos en estanterías de manera ordenada para evitar que se rompan.
- ✓ Las luminarias que no funcionen pasarán a la etapa de reciclaje. Tratando de no exceder los 6 meses de almacenamiento temporal sin ser reciclado.
- ✓ El tratamiento de reciclaje de las luminarias lo realizará únicamente personas que estén capacitadas y que conozcan del tema debido a que es muy peligrosa la manipulación del mercurio.

c. Registro específico de lámparas en condición de uso y quemadas

- ✓ El personal debe utilizar equipo de seguridad (guantes de cuero, mascarilla, lentes de seguridad, gabacha, pantalón de lona, etc.).
- ✓ Separar las luminarias en quebradas de las no quebradas y depositarlas envueltas en papel periódico y aseguradas con cinta adhesiva depositarlas en cajas de plástico, bien identificadas, indicando su estado y cantidad.

- ✓ Si al momento de separar las luminarias se quiebra alguna, derramándose mercurio, deberán recogerse todos los materiales y empacarlos con papel periódico. Asegurarlos con cinta adhesiva y depositarlos en una caja plástica.
- ✓ El mercurio derramado debe recogerse utilizando equipo de seguridad y con el uso de una pala pequeña y una brocha recoger los residuos y depositarlos en frascos de vidrio. Nunca recoger con la mano, debido a que el mercurio es sumamente tóxico a la salud del ser humano.
- ✓ Las bombillas quebradas y que no presentan derrame de mercurio debe separarse del resto de materiales en una caja plástica, conjuntamente con las bombillas quemadas manteniendo su empaque de periódico. La caja se rotula indicando el material que contiene así como su estado y la cantidad.
- ✓ Se debe verificar que la luminaria funcione a la perfección, dejándola encendida por 1 hora. Si ésta permanece encendida puede reutilizarse hasta que su vida útil termine.
- ✓ Utilizando la Tabla II

Tabla II. Registro de componentes de lámparas en condición de uso o quemadas

Descripción	Material	Estado		Reutilizable	Reciclable
		Útil	Inservible		
Componente 1					
....				
Componente n					

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

4. TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

En esta sección del procedimiento técnico se desglosarán los siguientes temas.

- Desechos sólidos tóxicos (procedimiento de apertura de bombilla).
- Desechos líquidos (procedimiento de apertura de ampolla)^{8**}
- Tratamiento de desechos tóxicos líquidos.^{8**}
- Disposición final de los desechos tóxicos tratados.^{8**}

a. Proceso de apertura de lámparas

1. Colocarse todo el equipo de protección personal (Referido a.1, ii)
2. Limpiar la superficie de la lámpara.
3. Colocar el bombillo en la unidad de corte para iniciar el proceso de fragmentación. Ver Figura I.
4. Seguir instrucciones para el manejo del equipo (Anexo No. 2)
5. Una vez enfriada la resistencia, retirar la ampolla y los residuos del material de vidrio en la bandeja, colocarlos en un recipiente plástico destinado para ello.
6. Disponer de los desechos de acuerdo al protocolo de manejo

Figura 7 Unidad diseñada por el proyecto FODECYT 19-2010 para el corte de bombillos de luminarias de alumbrado público



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

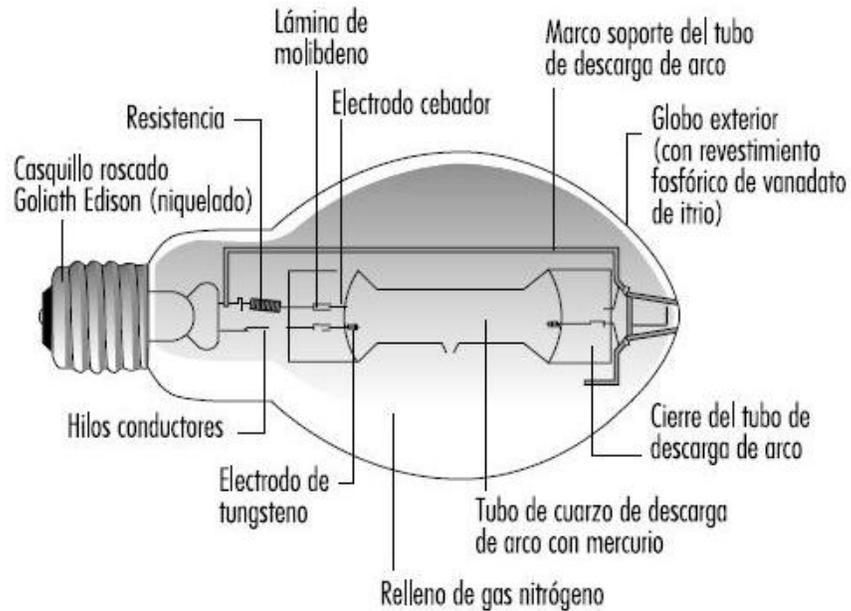
^{8**} Si se desea realizar el tratamiento de los desechos líquidos tóxicos (mercurio), gestionar el procedimiento validado por el proyecto FODECYT 19-2010, en la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 8 Detalle de los componentes de las lámparas de vapor de mercurio ya cortada por la unidad diseñada en el proyecto FODECYT 19-2010



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

Figura 9 Identificación de las Partes Constituyentes de las luminarias de Vapor de Mercurio



Fuente: <http://riesgosgenerales.blogspot.com/2011/01/lamparas-de-mercurio-de-alta-presion.html>

5. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CADA UNA DE LAS PARTES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE LÁMPARAS DE ALTA PRESIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO:

Tabla III. **Tabla de clasificación de las partes componentes de la lámpara**

DENOMINACIÓN	PARTES	MATERIALES	ELEMENTOS
LUMINARIA	BOMBILLO	AMPOLLA	VIDRIO(SILICIO)
	TUBO DE DESCARGA	ELECTRODOS	METAL
		RESISTENCIA	MERCURIO
		CAPSULA	CUARZO(SILICIO)
	CASQUILLO	ADAPTADOR ROSCADO	METAL
	SOPORTE	CERÁMICO	SILICIO
CIRCUITO ELÉCTRICO	CONDUCTORES Y RESISTENCIA	METAL	
CABEZOTE	CASCO	METÁLICO	HIERRO
	BALASTRO TIPO CANASTA	BOBINA	METAL
		CONDUCTOR	METAL
		CASQUILLO	METAL
		RESORTE	METAL
		TUERCA	METAL
		TARJETA ELECTRÓNICA	VARIOS
		TORNILLO	METAL
	BALASTRO TIPO COBRA	BOBINA	METAL
		RESORTE	METAL
		TUERCA	METAL
		CONDUCTOR	METAL
		TARJETA ELECTRÓNICA	VARIOS
		TORNILLO	METAL
TORNILLO		METAL	
SENSOR DE ENCENDIDO	FOTOCELDA	COBERTOR	PLÁSTICO
		TARJETA ELECTRÓNICA	VARIOS
DIFUSOR	TIPO CANASTA	REFRACTOR	FIBRA DE VIDRIO
		TORNILLO	METAL
	TIPO COBRA	REFRACTOR	FIBRA DE VIDRIO
		ANILLO DE SOPORTE	METAL
REFLECTOR	TIPO CANASTA	TORNILLO	METAL
		REFLECTOR	METAL
	TIPO COBRA	REFLECTOR	METAL
		REFLECTOR	METAL
		REFLECTOR	FIBRA DE VIDRIO
		REFLECTOR	FIBRA DE VIDRIO
SOPORTE DE LUMINARIA	BRAZO	TUBO	METAL
		ABRAZADERA	METAL
		TORNILLOS	METAL
		TUERCA	METAL

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

Figura 10 Componentes de las lámparas de vapor de mercurio



Bombillo



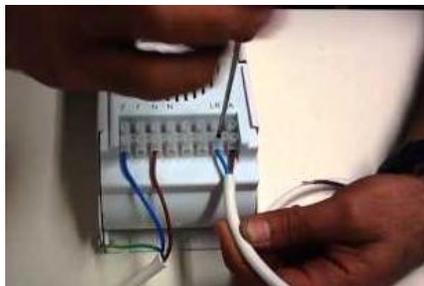
Cabezote tipo canasta



Cabezote tipo cobra



Balastro Tipo Canasta



Balastro Tipo Cobra



Sensor de Encendido



Difusor tipo canasta



Difusor tipo cobra

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

Figura 11 Componentes de las lámparas de vapor de mercurio



Reflector tipo canasta



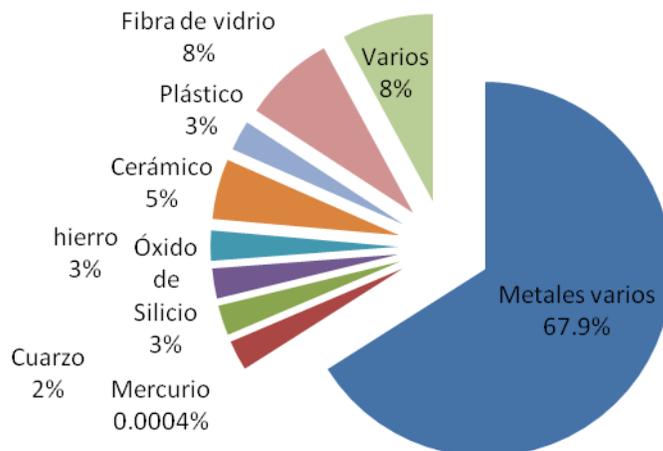
Reflector tipo cobra



Soporte de Luminaria

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

Gráfica 1. Composición química según las partes componentes de la lámpara de vapor de mercurio de alta presión utilizadas en el alumbrado público.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

6. Determinación de la cantidad de los desechos sólidos tóxicos y no tóxicos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión del alumbrado público:

Tabla IV. Cantidad en peso de cada componente de la lámpara

PARTES	MATERIALES	PESO UNITARIO KG
Bombillo	Ampolla	0.105
Tubo de descarga	Electrodos	0.034
	Resistencia	0.001
	Cápsula	0.0044
Casquillo	Adaptador roscado	0.0194
Soporte	Cerámico	0.152
Circuito eléctrico	Conductores y resistencia	0.005
Casco	Metal	0.5
Balastro tipo canasta	Bobina	1,63
	Conductor	0.002
	Casquillo	0.152
	Cápsula	0.105
	Resortes	0.0019
	Tuercas	0,001
	Tarjeta electrónica	0.005
Balastro tipo cobra	Tornillos	0.026
	Bobina	1,63
	Resorte	0,0019
	Tuerca	0,001
	Conductor	0.005
	Tarjeta Electrónica	0,005
Fotocelda	Tornillos	0,26
	Cobertor	0,01
Difusor tipo Canasta	Tarjeta Electrónica	0,029
	Refractor	1,25
Difusor tipo Cobra	Tornillos	0,003
	Refractor	1,5
	Anillo Soporte	0,0012
Reflector tipo Canasta	Tornillo	0,005
	Reflector	0,195
Reflector tipo Cobra	Tornillo	0,004
	Reflector	0,23
	Aislante	0,1
Brazo	Tornillos	0,004
	Tubo	2,357
	Abrazadera	0,5
	Tuerca	0,25

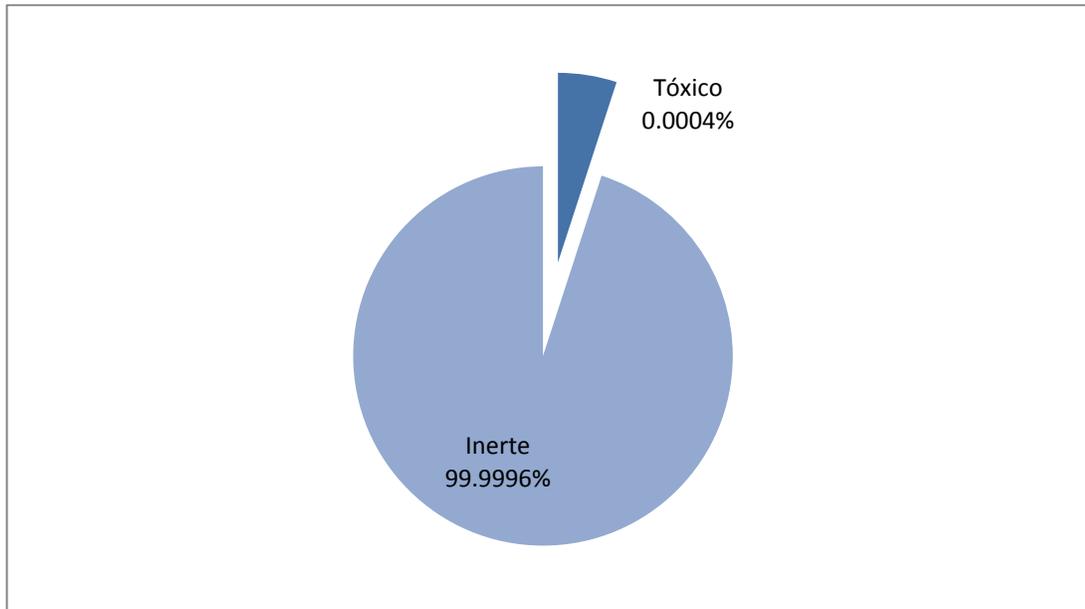
Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

Tabla V. Tabla de clasificación de los componentes tóxicos y no tóxicos de la lámpara

MATERIALES	Peligroso	Inerte
Ampolla		**
Mercurio	**	
Electrodos		**
Resistencia		**
Cápsula		**
Adaptador roscado		**
Cerámico		**
Conductores y resistencia		**
Metal		**
Bobina		**
Conductor		**
Casquillo		**
Cápsula		**
Resortes		**
Tuercas		**
Tarjeta electrónica		**
Tornillos		**
Bobina		**
Resorte		**
Tuerca		**
Conductor		**
Tarjeta Electrónica		**
Tornillos		**
Cobertor		**
Tarjeta Electrónica		**
Refractor		**
Tornillos		**
Refractor		**
Anillo Soporte		**
Tornillo		**
Reflector		**
Tornillo		**
Reflector		**
Aislante		**
Tornillos		**
Tubo		**
Abrazadera		**
Tornillos		**
Tuerca		**

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

Gráfica 2. Componentes tóxico e Inerte de la lámpara de vapor de alta presión de mercurio utilizada en los sistemas de iluminación público.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

7. Determinación del valor de recuperación de los desechos sólidos no tóxicos de las lámparas de alta presión del alumbrado público

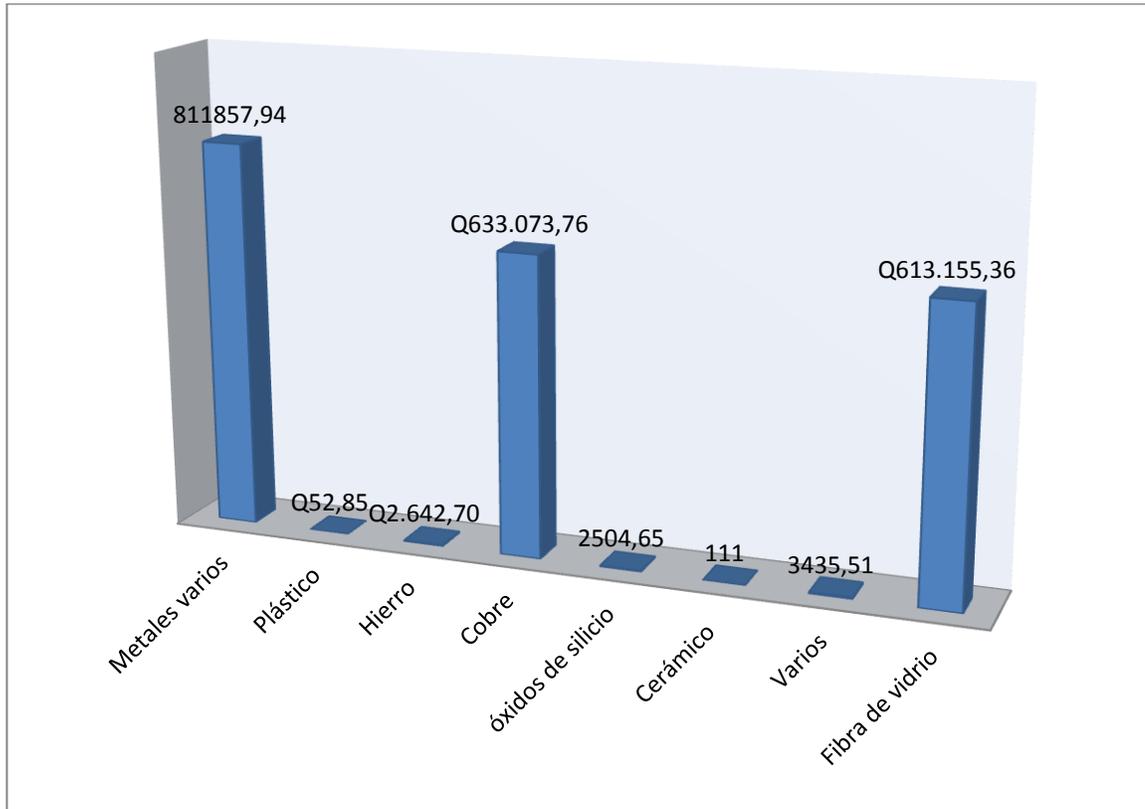
Tabla VI. Valor de recuperación por reciclaje para 8 809 lámparas*

PARTES	MATERIALES	PESO UNITARIO KG	Costo Unitario (Q/Kg)	Costo Total (Q)
Bombillo	Ampolla	0.105	0,12	111
Tubo de descarga	Electrodos	0.034	10	2 995,06
	Resistencia	0.001	10	88,09
	Cápsula	0.0044	0,12	4,65
Casquillo	Adaptador roscado	0.0194	5,51	941,63
Soporte	Cerámico	0.152	0,6	803,38
Circuito eléctrico	Conductores y resistencia	0.005	10	440,45
Casco	Metal	0.5	0,6	2 642,7
Balastro tipo canasta	Bobina	1,63	44,09	633 073,76
	Conductor	0.002	10	176,18
	Casquillo	0.152	0,6	803,38
	Cápsula	0.105	0,12	111
	Resortes	0.0019	0,6	10,04
	Tuercas	0,001	0,6	5,28
	Tarjeta electrónica	0.005	10	440,45
Balastro tipo cobra	Tornillos	0.026	5,51	1 261,97
	Bobina	1,63	44,09	633 073,76
	Resorte	0,0019	0,6	10,04
	Tuerca	0,001	0,6	5,28
	Conductor	0.005	10	440,45
	Tarjeta Electrónica	0,005	10	440,45
Fotocelda	Tornillos	0,26	10	22 903,4
	Cobertor	0,01	0,6	52,85
Difusor tipo Canasta	Tarjeta Electrónica	0,029	10	2 554,61
	Refractor	1,25	5,51	60 6715,98
Difusor tipo Cobra	Tornillos	0,003	0,6	15,85
	Refractor	1,5	0,12	1 585,62
	Anillo Soporte	0,0012	0,6	6,34
Reflector tipo Canasta	Tornillo	0,005	0,6	2,64
	Reflector	0,195	5,51	9 464,83
Reflector tipo Cobra	Tornillo	0,004	0,6	21,14
	Reflector	0,23	5,51	11 163,64
	Aislante	0,1	5,51	4 853,76
Brazo	Tornillos	0,004	0,6	21,14
	Tubo	2,357	0,6	122 457,68
	Abrazadera	0,5	0,6	2 642,7
	Tornillos	0,3	0,6	1 585,62
	Tuerca	0,25	0,6	1 321,35
	TOTAL	11,38	216,53	2 217 476,48

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

***Observaciones: el número de lámparas que corresponde al inventario realizado en la Municipalidad de Mixco. Guatemala.**

Gráfica 3. Valor estimado de recuperación por reciclaje de los desechos sólidos inertes de lámparas (8,809 inventariadas en Municipalidad de Mixco)



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cristòfol-A. Trepas Procedimientos en Historia, un Punto de Vista Didáctico, 4ta Edición, editorial Graò, España 2006.
2. Ramírez, José. Luminotecnia, Editorial CEAC SA. Mayo 1993. España. Páginas consultadas 237-268.
3. Martínez, J. 2005. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. (en línea). Centro Coordinador del Convenio Basilea para América Latina y el Caribe. Uruguay. UY. (1);1-64 consultado el 13 de febrero del 2011 Disponible en http://www.basel.int/centers/proj_activ/stp_projects/08-02.pdf
4. Sac Coyoy, Leonidas Amílcar. Análisis Técnico-Económico de la Reparación de Reactores Utilizados en Lámparas de Vapor de Mercurio. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería. Escuela de Mecánica Eléctrica. Guatemala, marzo, 1992.
5. Suntecún Castellanos, Alex. Tratamiento Primario Desechos de las Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión del Alumbrado Público en las Municipalidades de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería. Escuela de Estudios de Postgrado. Guatemala, mayo, 2010.
6. Fococelda. Consultado el día 15 de marzo de 2011 de la World Wide Web:
<http://www.carrerailuminacion.com/home/index.php?option=content&task=view&id=64>

7. Artículo: *Guatemala impulsa plan de eficiencia energética* Revista Summa. [En línea]. Consultado el 11 de abril de 2011. Disponible en: <http://www.revistasumma.com/economia/607-guatemala-impulsa-plan-de-eficiencia-energetica.html>
8. Álvarez, L. 2010. Licitación compra de focos alumbrado público. El Periódico. Guatemala, Gua. 22:32
9. Bousinot, C: et al 2009. Iniciativa que dispone de aprobar ley de ahorro energético en iluminación. Guatemala, Gua, oct. 27. Congreso de la Republica de Guatemala. Registro 4129. 10 pag.
10. Quiñones, F. 2010. Nuevas lámparas bajarían la tasa del alumbrado. Siglo XXI. Guatemala, Gua, ene. 8
11. Chang, Raymond. *Química*. 7ª edición, Mc Graw Hill, Colombia 2002. p. G-6 y G-7
12. Castells, Xavier Elías. Reciclaje de Residuos Industriales. 1ª Edición, Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España 2000. Pág. 43, consultado el 07 de mayo del 2011. Disponible en: http://books.google.com.gt/books?id=oA7ndthNMYQC&pg=PA43&dq=limites+ambientales+y+economicos&hl=es&ei=bUcTunOIMjdgQeRvsjUCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CC8Q6AEwAQ#v=onepage&q&f=false
13. Balastro. Consultado el día 15 de marzo de 2011 de la World Wide Web: <http://byconstrucciones.wordpress.com/>

14. Metales. Consultado el día 15 de marzo de 2011 de la World Wide Web:
<http://conocimientosmetals.blogspot.com/2010/06/los-metales-metales-pesados-ambiente-y.html>

15. Manual de Residuos Generados por la Actividad Eléctrica 2003.
Consultado el día 3 de marzo de 2012. Disponible en:
<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFE/manual-residuos.pdf>

16. Aldiano, Nelson F., Toxicología Laboral, Criterios para la Vigilancia de los Trabajadores Expuestos a Sustancias Químicas Peligrosa
Consultado el día 4 de septiembre de 2012. Disponible en:
<http://www.ips.gov.py/principal/varios/transparencia/TOXICOLOGIALABORAL.pdf>

17. Normas OSHA, Sección 9. Consultado el día 22 de septiembre de 2011.
Disponible en:
http://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/ppe-factsheet-spanish.pdf

18. Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburra Consultado el día 10 de junio de 2012. Disponible en.
<http://itagui.areadigital.gov.co/institucional/Documents/Manua%20para%20el%20manejo%20integral%20de%20Residuos%20Solidos%20en%20el%20Valle%20de%20Aburr%C3%A1.pdf>

19. Normas técnicas ICONTECH, NTC 32-81, 23-94, 32-82. Consultado el día 23 de mayo de 2012.

20. Guía para la Limpieza guía para la limpieza, almacenamiento temporal o intermedio y transporte de desechos de mercurio desde las instalaciones de salud. Consultado el día 3 de septiembre de 2011. Disponible en:
http://saludsinmercurio.org/Guia_limpieza_almacenamiento_transporte_mercurio_instalaciones_salud_GEF.pdf

21. Ley General de Residuos Manejo de residuos peligrosos en el sector Agropecuario. Consultado el día 9 de noviembre de 2011. Disponible en
http://www.respel.cl/ResiduosPeligrosos/documentos_respel/Ley_General_Residuos.pdf

22. Manual de Gestión Integral Residuos Sólidos Urbanos. Consultado el día 11 de octubre de 2011. Disponible en:
http://www.cempre.org.uy/docs/manual_girsu/parte_3.3_vidrio.pdf

ANEXOS

1. HOJA DE SEGURIDAD MERCURIO (Hg)

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Mercurio
Fórmula Molecular	Hg
Peso Molecular	200.59 g/mol.
Sinónimos	Azogue, Hidrargirio, plata ligera, plata líquida

1.2. DESCRIPCIÓN

Elemento metálico de número atómico 80.

Líquido brillante, plateado, lustroso, notablemente pesado.

Insoluble en ácido clorhídrico; soluble en ácido sulfúrico con ebullición.

Reacciona por oxidación a ion (+2) en ácido nítrico.

Insoluble en agua, alcohol y éter.

1.3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Concentración 99.999 % , min.

1.4. PROPIEDADES

➤ Aspecto	líquido
➤ Color	metálico
➤ Olor	inodoro
➤ Punto de fusión	+/-38.9 °C
➤ Punto de ebullición	357.3 °C
➤ Densidad	13.55 g/cm ³
➤ Densidad aparente	13.550 kg/m ³

➤ Presión de vapor

0°C	→	0.00026 mbar
10°C	→	0.0007 mbar
20°C	→	0.017 mbar
30°C	→	0.004 mbar
100°C	→	0.368 mbar

➤ Solubilidad

25°C	→	0.02mg/l
100°C	→	0.6 mg/l

➤ Viscosidad

20°C	→	1.55 cP
100°C	→	1.24 cP

1.5. APLICACIONES

Fabricación de interruptores eléctricos.

Generadores de vapor de mercurio, lámparas de vapor de mercurio.

Barómetros, termómetros, medicina.

Amalgamas en minería.

1.6. EFECTOS SOBRE LA SALUD

Ojos: Puede causar irritación

Piel: Puede causar leve irritación temporal

Ingestión: Puede causar daño al sistema digestivo

Inhalación: Puede causar dolor de cabeza, náuseas, vómito

El mercurio metálico es muy tóxico por absorción cutánea e inhalación de vapores. Puede causar efecto crónico (teratogenicidad y congénitos).

Tolerancia de 0.05 mg por metro cúbico de aire. Es absorbido por el aparato respiratorio y los intestinos.

Todos los compuestos orgánicos e inorgánicos del mercurio son muy tóxicos por ingestión, inhalación y absorción cutánea. Tolerancia, 0.05 mg por metro cúbico de aire.

1.7. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua, durante 15 minutos, consultar al oftalmólogo

Efectos agudos sobre exposición: Causa efectos crónicos

Contacto con la piel: Enjuagar inmediatamente con jabón y abundante agua. Si la irritación de la piel continúa, debe consultar al médico.

Inhalación: En caso de inhalación puede producirse algunos síntomas que pueden tardarse en aparecer como somnolencia, náuseas, diarrea y vómito. Si se ha absorbido gran cantidad de sustancia, no se debe dejar a la persona sin atención y se debe buscar ayuda médica.

Ingestión: Enjuague la boca con abundante agua y suministre atención médica. Se debe realizar un lavado del tracto gastrointestinal.

1.8. EXPLOSIVIDAD E INCENDIO

El producto en sí no arde, se deben tomar las medidas necesarias según el incendio del entorno, enfriar los envases y depósitos lindantes con agua pulverizada.

Para atacar el incendio se puede utilizar agua, polvo químico seco, dióxido de carbono, todo tipo de extintor

Equipo de protección especial: En caso de incendio, llevar aparato respiratorio autónomo y traje de protección química adecuado

Peligros especiales en caso de incendio: En caso de incendio puede liberarse gases tóxicos que son más densos que el aire por lo que pueden desplazarse al nivel del suelo.

1.9. MEDIDAS PARA ATENDER DERRAMES

Medidas de precaución de las personas: Evitar el contacto con los ojos, piel y ropa.

Protección del medio ambiente: No permitir el paso al sistema de desagües, evitar la contaminación del subsuelo y aguas.

Medidas de recogida y limpieza: Recoger en seco y depositar en contenedores para su posterior eliminación para su posterior eliminación.

1.10. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación: No se debe consumir comidas, bebidas ni fumar en el lugar de trabajo.

Lavarse muy bien la cara y las manos después de manipular el producto.

Almacenamiento: Recipientes bien cerrados, en local bien ventilado, temperatura ambiente, acceso restringido, solo autorizado a técnicos.

La temperatura de almacenamiento ideal es 18 °C

1.11. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección Respiratoria: Usar máscara de protección con filtro apropiado, cuando hay exposición prolongada.

Protección de la piel: Es estrictamente necesario el uso de guantes.

Protección de los Ojos: Se debe usar gafas en todo momento.

1.12. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estable bajo condiciones normales de almacenamiento, no se descompone bajo el uso adecuado.

Materiales que deben evitarse: Acetiluros, aminos, azidas, amoníaco, metales alcalinos, halógenos, ácido sulfúrico concentrado, ácidos, carburos, halogenóxidos

1.13. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda: 44.3 mg/m³ /8 horas. Los compuestos de mercurio tienen efectos tóxicos en células y protoplasma. Los síntomas por intoxicación aguda con mercurio son:

Al inhalar, ocasiona irritación en las mucosas, tos y dificultad para respirar.

Al contacto con la piel, causa irritación

Al contacto con los ojos, causa irritación.

Al ingerir, causa irritación en la mucosa de la boca, garganta, esófago y tracto gastrointestinal.

1.14. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Ecotoxicidad:

Photobacterium phosphoreum	0.046 mg/L	altamente tóxico
Algas (Sc Cuadricauda)	0.07 mg/L	altamente tóxico
Algas (M Aeruginosa)	0.005 mg/L	altamente tóxico
Peces (Salmónidos)	0.05 mg/L	altamente tóxico
Peces (P Promelas)	0.19 mg/L	altamente tóxico
Peces (Leuciscus Idus)		

Bioacumulación Alto riesgo, el ion mercurio es bio-acumulable en la cadena trófica No debe incorporarse a suelos ni acuíferos

1.15. DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final debe realizarse de acuerdo a la normativa de los organismos de control del distrito, no descargar en drenajes, los envases contaminados se deben tratar como el material mismo

1.16. INFORMACIÓN DEL TRANSPORTE

El producto debe transportarse en condiciones secas.

No se requieren recomendaciones especiales al transportador de acuerdo a la NFPA

Peligro para la salud	3	
Peligro de inflamabilidad	0	
Peligro de reactividad	0	
Disposiciones especiales de reactividad		Ninguna
Número UN:	2809	

INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada, DISTRIBUIDORA DE QUIMICOS INDUSTRIALES no asume responsabilidad alguna por reclamos, perdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida. El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares

Distribuidora de Químicos Industriales, S.A. Ficha Técnica del Mercurio.
Consultado el 19 de febrero de 2012 de la World Wide Web:

<http://69.167.133.98/~dqisaco/pdf/MERCURIO%20METALICO.pdf>

MERCURIO ELEMENTAL

<p>Características</p> <p>Es un metal pesado, blanco plateado, líquido a la temperatura ambiente. Su presión de vapor baja constituye un peligro constante de exposición aérea.</p> <p><u>Usos y exposición:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Aparatos científicos de precisión b) Industria eléctrica c) Preparación de amalgamas d) Destilación del Hg e) Fabricación de herramientas para graduar cristales, etc. <p>C.M.P.: 0,05 mg/m³ TLV-TWA: 0,025 mg/m³ (ACGIH)</p>	<p>Toxicidad</p> <p><u>Intoxicación aguda</u></p> <p>Rara en la industria. Puede ocurrir solo con exposición a altas concentraciones de vapor. Puede ocasionar neumonitis química y edema agudo de pulmón.</p> <p><u>Exposición crónica</u></p> <p>Son targets del mercurio inorgánico:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) S.N.C. y periférico b) Compromete el área del comportamiento y de la psicomotricidad c) Riñón
<p>Examen periódico. Detección de los efectos tóxicos (Vigilancia médica)</p> <p>ANUALMENTE</p> <p><input type="checkbox"/> EXAMEN CLINICO, con orientación:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Neurológica. b) Psiquiátrica. c) Dermatológica. d) Gastroenterológica. e) Nefrológico: <p><input type="checkbox"/> ORINA COMPLETA</p>	<p>Examen periódico (Vigilancia biológica)</p> <p>SEMESTRALMENTE</p> <p><input type="checkbox"/> DOSAJE DE MERCURIO EN ORINA.</p> <p><u>Indice Biológico de Exposición: 35 mcg/g de creatinina. (ACGIH, 1993)</u></p> <p><input type="checkbox"/> DOSAJE DE MERCURIO EN SANGRE.</p> <p><u>Indice Biológico de Exposición: 15 mcg/L.</u></p> <p>(Ver abajo)</p>

CRITERIOS PARA LA VIGILANCIA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL MERCURIO ELEMENTAL.

La vigilancia de la población expuesta se hará:

SEMESTRALMENTE

▢ **DOSAJE DE MERCURIO EN ORINA.** Es importante destacar que si bien el mercurio es variable en su excreción, en cada individuo, si la muestra se recolecta siempre a la misma hora estas variaciones se reducen.

1. Medición en 50 ml de orina emitida espontáneamente y refrigerada.
2. Utilizar envase de polietileno o polipropileno tratado previamente con ácido.
3. Se debe recoger después de 16 horas de cesada la exposición o antes de iniciar el turno.
4. Se sugiere el método de absorción atómica para medirlo.
5. Índice Biológico de Exposición: 35 mcg/g de creatinina. (ACGIH, 1993)

▢ **DOSAJE DE MERCURIO EN SANGRE.**

1. Se puede dosar en 5 ml de sangre extraída al finalizar el último turno de la semana laboral.
2. La muestra debe ser obtenida en jeringa descartable y lejos del puesto de trabajo.
3. La zona de la venopuntura debe ser higienizada, pero no se puede utilizar un desinfectante mercurial.
4. Índice Biológico de Exposición: 15 mcg/L.

▢ **ORINA COMPLETA**

- Con búsqueda de: *proteinuria*

ANUALMENTE

▢ **EXAMEN CLINICO,** con orientación:

† NEUROLOGICA

- *Cambios mediante pruebas como dibujar y*
- *Ataxia cerebelosa*

† PSIQUIATRICA.

- *Timidez excesiva*
- *Pérdida del autocontrol*
- *Tendencia a la pelea*
- *Negligencia en el trabajo*
- *Cambios de humor*
- *Irritabilidad*
- *Alteración del sueño*
- *Pérdida de la memoria*

✦ **DERMATOLOGICA**

- *Dermatitis eczematiforme recidivante*

✦ **NEFROLOGICA.**

- *Síndrome nefrótico*

✦ **GASTROENTEROLOGICA**

- *Estomatitis,*
- *Cólicos y diarrea*

Además se sugiere, de acuerdo a criterios internacionales:

- Realización de pruebas para pesquisar temblor.
- Evaluación del comportamiento.
- Ejecución de pruebas de psicomotricidad.

Recordar:

- ✦ **Otro agente que lo incluye:** Sustancias sensibilizantes de la piel.

Los criterios a seguir, de acuerdo a los resultados obtenidos en los exámenes periódicos, pueden ser los siguientes:

1. Hasta 35 mcg/g de creatinina de Mercurio en orina se considera un valor aceptable para el expuesto.
2. Mercurio urinario > 35 mcg/g de creatinina, sin manifestaciones de enfermedad:
 - a) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de fallencias que condicionan la exposición al contaminante.
 - b) Educación del trabajador sobre normas de higiene y protección personal.
 - c) Control a los tres meses.
 - d) De persistir un valor alto evaluar nueva conducta a adoptar.
 - e) Luego de la normalización, control semestral.
3. Mercurio urinario > a 100 mcg/g de creatinina, sin manifestaciones de enfermedad:
 - a) El Área Médica de la ART evaluará la necesidad del alejamiento transitorio del puesto de trabajo.
 - b) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de fallencias que condicionan la exposición al contaminante.
 - c) Educación del trabajador sobre normas de higiene y protección personal.
 - d) Se sugiere dosar nuevamente Hg en orina a los quince días, si hay normalización del valor retorno a la exposición, en caso de haberlo indicado, sino repetir el dosaje a los quince días.
 - e) Con el retorno a la exposición es conveniente el control trimestral durante seis meses.
 - f) Luego, control semestral.
4. Mercurio urinario > a 100 µg/l. , combinado con una de las siguientes alteraciones:
 - Presencia de temblor
 - Cambios en el comportamiento
 - Trastornos de la psicomotricidad

- **Proteinuria**

- a) El Área Médica de la ART procederá de acuerdo a la normativa vigente en materia de enfermedades profesionales.
- b) Establecer tratamiento específico.
- c) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de fallencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar, y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
- d) Se sugiere nuevo dosaje de Hg en orina a los quince días. De persistir un valor alto nuevo dosaje a los quince días.
- e) Para el retorno a la exposición no solo debe tener un valor aceptable de Hg en orina, sino además mejoría de las alteraciones clínicas y de laboratorio, siempre según criterio médico.
- f) Luego del retorno a la exposición, con valores de Hg aceptables y sin síntomas, se sugiere control trimestral durante seis meses.
- g) Luego, control semestral.

5. Mercurio urinario $>$ a 100 mcg/g de creatinina, combinado con dos o más de las siguientes alteraciones:

- Presencia de temblor
- Cambios en el comportamiento
- Trastornos de la psicometricidad
- Proteinuria

- a) El Área Médica de la ART procederá de acuerdo a las normativas vigentes en materia de enfermedades profesionales.
- b) Establecer tratamiento específico.
- c) Evaluación del medio ambiente laboral y corrección de fallencias que condicionan la exposición al contaminante. Se sugiere evaluar, y eventualmente replantear, el conocimiento y práctica de normas de higiene y seguridad en los trabajadores expuestos.
- d) Se sugiere nuevo dosaje de Hg en orina a los quince días. De persistir un valor alto nuevo dosaje a los quince días. Control clínico hasta mejoría de la sintomatología.
- e) De decidir el alejamiento definitivo, para la recalificación laboral, se evaluará la presencia de agentes de riesgos, en el nuevo puesto de trabajo, que pudieran influir sobre las lesiones que fueron ocasionadas por el mercurio. Se sugiere control trimestral durante un año.

2. INSTRUCCIONES PARA EL MANEJO DEL EQUIPO DE CORTADO DE BOMBILLO DE MERCURIO DE ALTA PRESIÓN

El siguiente procedimiento está basado en el manejo de la unidad de corte para la apertura de bombillos de mercurio, el cual se diseñó y construyó a través del proyecto FODECYT 19-2010.

1. Colocar el bombillo en la unidad de corte para iniciar el procedimiento de fragmentación

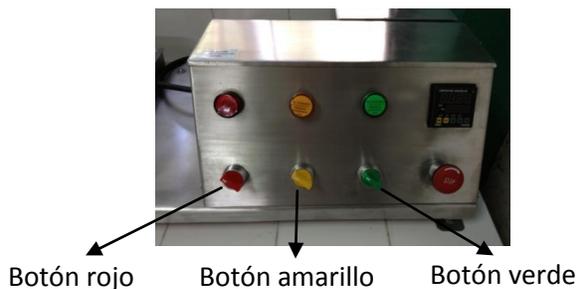
Figura 12 Colocación de Bombilla en Equipo de Corte
Diseñado por el Equipo de Investigación



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

2. Conectar el equipo a una unidad de electricidad de 120V
3. Colocar la termocupla sobre la superficie de la ampolla mediante el giro dextrógiro de la misma.
4. Girar en sentido dextrógiro botón verde que habilita el flujo de corriente eléctrica.
5. Girar en sentido dextrógiro botón amarillo para accionar el motor de opera el giro de la ampolla.
6. Girar en sentido dextrógiro botón rojo para iniciar el calentamiento mediante la resistencia eléctrica.

Figura 13 Panel de Control Equipo de Corte



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

7. Seleccione la temperatura de calentamiento mediante pulsar los botones del panel de control de temperatura (150°C es la recomendada).

Figura 14 Seleccionar temperatura de calentamiento



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

8. Verificar que la operación de corte de la ampolla se realice mediante observar el instante de fractura de la misma (tiempo aproximado 3-5 minutos).
9. Logrado el corte de la ampolla proceder de la siguiente manera:
 - 9.1 Apagar la resistencia (giro levógiro botón color rojo).

- 9.2 Detener el sistema de rotación de la ampolla (giro levógiro del botón amarillo).
- 9.3 Suspender el fluido eléctrico del equipo (giro levógiro del botón color verde)
10. Retirar la termocupla levantándola mediante giro levógiro hasta posición vertical.
11. Proceder a retirar la ampolla cortada separándola del casquillo y colocarla en la bandeja. (precaución evite tocar la zona de calentamiento).
12. Previo a retirar el casquillo dejar enfriar por un período de 3 a 5 minutos y proceder a desenroscar el casquillo y colocarlo en la bandeja con el vidrio de la ampolla.
13. Retirar la bandeja del área de corte y colocarla en una mesa de trabajo.
14. Proceder a separar la ampolla de cuarzo mediante el corte de los conectores metálicos del circuito.
15. Utilizando una pinza de corte proceder a cortar los alambres del circuito. (Según la figura siguiente en los puntos señalados con flechas).

Figura 14 Puntos de corte de los alambres del circuito



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

16. Guardar la ampolla para su posterior tratamiento sin ningún resto metálico.

Figura 15 Desechos separados del bombillo



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

Observaciones:

El motor giratorio puede detenerse con el botón rojo redondo ubicado abajo del tablero de temperatura.

Figura 15 Equipo de Corte de Bombillos



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2010

3. RECOMENDACIONES DE ENTIDADES

a. Recomendaciones EPA

La Environmental Protection Agency –EPA- trabaja en colaboración con la Administración de Alimentos y Drogas –FDA- y con los estados y tribus indígenas para emitir avisos a las mujeres en edad fértil, mujeres embarazadas, madres que amamantan a sus hijos y padres de niños pequeños sobre la frecuencia en que deben ingerir ciertos tipos de pescado y mariscos que han sido recolectados comercialmente. Los avisos sobre el consumo de pescado son también emitidos para hombres, mujeres y niños de todas las edades cuando es apropiado. El pescado es un alimento saludable, por lo tanto, la EPA alienta a las personas a continuar comiendo pescado, especialmente si es bajo en mercurio metílico.⁹

- ✓ Coma una dieta balanceada pero evite pescado contaminado con altos niveles de mercurio.
- ✓ Reemplace los termómetros de mercurio con termómetros digitales
- ✓ No deje que los niños jueguen con mercurio metálico
- ✓ Nunca caliente o quemé mercurio metálico.
- ✓ Contacte al departamento de salud o medio ambiente de su estado o localidad si hay un derrame de mercurio metálico - nunca use una aspiradora para limpiar un derrame de mercurio metálico.
- ✓ La exposición a niveles altos de mercurio metálico puede perjudicar el cerebro, el corazón, los riñones, los pulmones, y el sistema inmunológico de las personas de todas las edades.

⁹ Mercurio metílico: Mercurio orgánico, dimetil mercurio, metil mercurio,

- ✓ Los estudios de investigación revelan que el consumo básico de la mayoría de pescado recolectado no es motivo de preocupación. Sin embargo, se ha demostrado que los niveles altos de mercurio metílico en las vías sanguíneas de los bebés por nacer y los niños pequeños pueden ser perjudiciales al sistema nervioso en vías de desarrollo dificultando así su proceso de razonamiento y aprendizaje.
- ✓ Las aves y los mamíferos que se alimentan de los peces están más expuestos al mercurio que otros animales en los ecosistemas acuáticos. De igual manera, los predadores que comen animales que se alimentan de los peces pueden tener una exposición elevada. A niveles altos de exposición, los efectos dañinos del mercurio metílico en estos animales incluyen la muerte, la reproducción reducida, el crecimiento y desarrollo reducido y el comportamiento anormal.

<http://www.epa.gov/espanol/mercurio/>

b. Recomendaciones de la Organización Panamericana para la Salud- OPS-

La exposición aguda al vapor del mercurio puede provocar náuseas, escalofríos, malestar, dolores en el tórax, dificultades para respirar, tos, inflamación de la mucosa bucal y de las encías, salivación y diarrea. La inhalación aguda de gran cantidad puede provocar la irritación respiratoria severa y daño renal. La exposición crónica puede dar lugar a fatiga, anorexia y perturbaciones gastrointestinales.

- ✓ La reacción inicial debe ser el aislamiento inmediato del área y la realización de un procedimiento de limpieza.
- ✓ Cualquier sustancia peligrosa utilizada en el lugar de trabajo, debe existir un procedimiento definido para el manejo de los derrames y la limpieza de superficies contaminadas.

Proyecto FODECYT 19 – 2010
Procedimiento Técnico para el Manejo de los Desechos de las Lámparas de Mercurio de Alta Presión
Utilizadas en los Sistemas de Iluminación Municipal

- ✓ Cualquier persona que participe en esta limpieza debe usar un equipo de protección personal adecuada que incluya ropa protectora y guantes.
- ✓ La limpieza en casos de un derrame mayor o de gran contaminación de mercurio (por ejemplo, el mercurio extraído de manómetros) solo debe estar a cargo de personas adiestradas para ello.
- ✓ Es importante controlar la disposición de desechos de mercurio en aquellos centros que cuentan con servicio de odontología.
- ✓ El suelo y las superficies de trabajo en las áreas en las que se manejan aparatos que contengan mercurio deben ser impermeables.

<http://www.bvsde.ops-oms.org/ssmanual/Spanish/SaludYSeguridad1.pdf%20.pdf>

4. NORMAS OSHA, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Hoja de Datos

Equipo de Protección Personal

El equipo de protección personal (PPE – Personal Protection Equipment) está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar del contacto con peligros químicos, radiológicos, físicos, eléctricos, mecánicos u otros. Además de caretas, gafas de seguridad, cascos y zapatos de seguridad, el equipo de protección personal incluye una variedad de dispositivos y ropa tales como gafas protectoras, overoles, guantes, chalecos, tapones para oídos y equipo respiratorio.

Responsabilidades del Empleador

Las normas principales del equipo de protección personal de OSHA se encuentran en Title 29 of the Code of Federal Regulations (CFR) (Título 29 del Código de Reglamentos Federales), Parte 1910, subpárrafo 1, y en reglamentos equivalentes en los estados que cuentan con planes estatales aprobados por OSHA. No obstante, puede encontrar los requisitos del equipo de protección personal en otros textos como en las Normas de la Industria General. Por ejemplo, 29 CFR 1910.156, la Norma de Brigadas de bomberos, establece requisitos para el equipo de bomberos. Además, 29 CFR 1926.95 cubre la industria de la construcción. Los requisitos generales del equipo de protección personal de OSHA exigen que los empleadores lleven a cabo una evaluación de los riesgos en sus lugares de trabajo para identificar los riesgos que existen y que requieren el uso del equipo de protección personal, para que brinden el equipo de protección personal adecuado a los trabajadores y que exijan que estos mismos hagan uso del equipo además de mantenerlo en condiciones sanitarias y fiables.

El uso del equipo de protección personal suele ser esencial, pero es generalmente la última alternativa luego de los controles de ingeniería, de las prácticas laborales y de los controles administrativos. Los controles de ingeniería implican la modificación física de una máquina o del ambiente de trabajo. Los controles administrativos implican modificar cómo y cuando los trabajadores realizan sus tareas, tales como los horarios de trabajo y la rotación de trabajadores con el fin de reducir la exposición. Las prácticas laborales implican la capacitación de los trabajadores en la forma de realizar tareas que reducen los peligros de exposición en el lugar de trabajo.

Como empleador, usted debe evaluar su lugar de trabajo con el fin de determinar si existen riesgos que requieran el uso del equipo de protección personal. Si existen estos riesgos, usted debe seleccionar el equipo de protección personal y exigir que lo utilicen sus trabajadores, comunicar sus selecciones del equipo de protección personal a sus trabajadores y seleccionar el equipo de protección personal que se ajuste a la talla de sus trabajadores.

Debe también capacitar a los empleados que tienen que hacer uso del equipo de protección personal para que sepan como hacer lo siguiente:

- Usar adecuadamente el equipo de protección personal.
- Saber cuándo es necesario el equipo de protección personal.
- Conocer qué tipo del equipo de protección personal es necesario.
- Conocer las limitaciones del equipo de protección personal para proteger de lesiones a los empleados.
- Ponerse, ajustarse, usar y quitarse el equipo de protección personal.
- Mantener el equipo de protección personal en buen estado.

Protección de Lesiones Cerebrales

Los cascos pueden proteger a sus empleados de impactos al cráneo, de heridas profundas y de choques eléctricos como los que causan los objetos que se caen o flotan en el aire, los objetos fijos o el contacto con conductores de electricidad. Asimismo, el reglamento de OSHA requiere que los empleadores se cercioren de que los trabajadores cubren y protegen el cabello largo con el fin de evitar que se agarre en piezas de maquinaria como las correas y las cadenas.

Protección de Lesiones en los Pies y las Piernas

Además del equipo de protección de pies y del zapato de seguridad, las polainas (de cuero, de rayón aluminizado u otro material adecuado, por ejemplo) pueden ayudar a evitar lesiones y proteger a los trabajadores de objetos que se caen o que ruedan, de objetos afilados, de superficies mojadas o resbalosas, de metales fundidos, de superficies calientes y de peligros eléctricos.

Protección de Lesiones a los Ojos y a la Cara

Además de las gafas de seguridad y las gafas protectoras de goma, el equipo de protección personal tales como los cascos o protectores especiales, las gafas con Departamento de Trabajo de los EE.UU. Administración de Seguridad y Salud Ocupacional 2002 protectores laterales y las caretas pueden

ayudar a proteger a los trabajadores de ser impactados por fragmentos, las astillas de gran tamaño, las chispas calientes, la radiación óptica, las salpicaduras de metales fundidos, así como los objetos, las partículas, la arena, la suciedad, los vapores, el polvo y los resplandores.

Protección de Pérdida Auditiva

Utilizar tapones para oídos u orejeras puede ayudar a proteger los oídos. La exposición a altos niveles de ruido puede causar pérdidas o discapacidades auditivas irreversibles así como estrés físico o psicológico. Los tapones para oídos de material alveolar, de algodón encerado o de lana de fibra de vidrio son fáciles de ajustar correctamente. Tapones de oídos moldeados o preformados deben ser adecuados a los trabajadores que van a utilizarlos por un profesional. Limpie los tapones con regularidad y reemplácelos los que no pueda limpiar.

Protección de Lesiones de las Manos

Los trabajadores expuestos a sustancias nocivas mediante absorción por la piel, a laceraciones o cortes profundos, abrasiones serias, quemaduras químicas, quemaduras térmicas y extremos de temperatura nocivos deben proteger sus manos.

Protección De Lesiones a Todo el Cuerpo

En ciertos casos los trabajadores deben proteger la mayor parte de, o todo, su cuerpo contra los peligros en el lugar de trabajo, como en el caso de exposición al calor y a la radiación así como contra metales calientes, líquidos hirvientes, líquidos orgánicos, materiales o desechos peligrosos, entre otros peligros. Además de los materiales de algodón y de lana que retardan el fuego, materiales utilizados en el equipo de protección personal de cuerpo entero incluyen el hule, el cuero, los sintéticos y el plástico.

Cuándo Usar la Protección Respiratoria

Cuando los controles de ingeniería no son factibles, los trabajadores deben utilizar equipo respiratorio para protegerse contra los efectos nocivos a la salud causados al respirar aire contaminado por polvos, brumas, vapores, gases, humos, salpicaduras o emanaciones perjudiciales. Generalmente, el equipo respiratorio tapa la nariz y la boca, o la cara o cabeza entera y ayuda a evitar lesiones o enfermedades. No obstante, un ajuste adecuado es esencial para que sea eficaz el equipo respiratorio. Todo empleado al que se le requiera hacer uso de equipos respiratorios debe primero someterse a un examen médico.

Información Adicional

Puede encontrar más información sobre el equipo de protección personal, incluyendo el texto completo de las normas de OSHA, en el Website de OSHA www.osha.gov. Además, Publicaciones que explican en mayor detalle el tema de PPE pueden obtenerse a través de OSHA, Personal Protective Equipment—OSHA 3077 (Equipo de Protección Personal) Se hallan disponibles en el Website de OSHA. Para más información sobre el equipo de protección personal en la industria de la construcción, visite www.osha-slc.gov/SLTC/constructionppe/index.html.

Para Ponerse en Contacto de OSHA

Para presentar una queja por teléfono, comunicar una emergencia u obtener consejos, ayuda o productos de OSHA, contacte a su oficina de OSHA más cercana listada bajo "U.S. Department of Labor" en su guía telefónica o llame libre de cargos marcando el (800) 321-OSHA (6742). El número de teleprinter (TTY) es (877) 889-5627. Para presentar una queja en línea u obtener más información sobre los programas federales y estatales de OSHA, visite el Website de OSHA www.osha.gov.

Esta es una hoja de una serie de hojas informativas de datos enfocada en los programas, políticas o normas de OSHA. No impone ningún nuevo requisito de cumplimiento. Para una lista abarcadora de requisitos de cumplimiento de las normas o reglamentos de OSHA, refiérase al Título 29 del Código de Reglamentos Federales. Esta información estará a disponibilidad de las personas sensorialmente incapacitadas, a solicitud. El teléfono de voz es (202) 693-1999; el número del teléfono de texto (TTY) es (877) 889-5627.

Para Información más completa:



Departamento del Trabajo de Estados Unidos

www.osha.gov

(800) 321-OSHA

DOC 7/2010

http://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/ppf-factsheet-spanish.pdf

5. REGULACIONES

Nacionales

En Guatemala, de conformidad con el artículo 7 del Decreto Número 68-86 del Congreso de la República “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente” se prohíbe la introducción al país por cualquier vía de todo tipo de residuo y desecho peligroso. Recientemente fue presentada ante la Comisión de Ambiente, Ecología y Recursos Naturales del honorable Congreso de la República la iniciativa de Ley para la Gestión y Manejo Integral de los Residuos y Desechos, propuesta que incorpora la gestión de los desechos peligrosos.

En materia de implementación, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN- a través de la Unidad para el Manejo Ambientalmente racional de Productos Químicos y Desechos Peligros –UPQDP-, ha solicitado al Centro Regional del Convenio de Basilea para Centroamérica y México (CRCB-CAM) con sede en la ciudad de San Salvador, la coordinación de acciones entre las autoridades nacionales y puntos focales y las autoridades aduaneras de la región con el propósito de evitar movimientos ilícitos. Se ha detectado que existen empresas dedicadas a la comercialización de residuos y desechos para diversos fines, entre otros la recuperación, acopio, valoración y reciclaje, especialmente baterías ácido plomo usadas (BAPUs), sin ajustarse a los mecanismos de control que establece el Convenio de Basilea.

Sin embargo, Guatemala cuenta con el único centro de reciclado autorizado por Basilea y con certificación de Green Lead, entre otras certificaciones nacionales e internacionales.

Por su posición geográfica, el país puede ser considerado una ruta de tránsito de desechos peligrosos, toda vez la legislación interna lo prohíbe, además, no dispone de la infraestructura para brindar tratamiento y eliminación ambientalmente racional de estos desechos, con excepción de BAPUs.

Empresa nacional que cuenta con facilidades técnicas para el tratamiento durante las diferentes etapas del ciclo de vida y entre otras certificaciones, dispone con la certificación de la Secretaria del Convenio de Basilea que garantiza este tipo de operaciones de manera ambientalmente racional y responsable.

La gestión nacional para el control y seguimiento a movimientos transfronterizos, se ha venido realizando en la UPQDP especialmente sobre los siguientes desechos: lámparas de descarga (**mercurio de alta presión**), transformadores y capacitores contaminados con PCBs, pesticidas obsoletos, desperdicios químicos, desechos eléctricos y/o electrónicos y BAPUs con destino para disposición y eliminación a países como Finlandia, Francia, Holanda, Alemania y México, entre otros.

Internacionales

- Regulaciones en México relacionadas con el mercurio

Existen ocho leyes federales (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley de Aguas Nacionales, Ley General de Salud, Ley Federal del Trabajo, Ley Federal de Sanidad Animal, Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y Ley Minera) que regulan diferentes aspectos del ciclo de vida del mercurio.

De estas disposiciones se derivan diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que establecen límites máximos permisibles de mercurio en: aguas residuales provenientes de la industria (especialmente de la industria de productos

químicos inorgánicos), actividades agroindustriales y de servicios (luminarias municipales); en el ambiente laboral; en colorantes y pigmentos inorgánicos utilizados en alimentos y productos de perfumería y belleza; y en el recubrimiento de tintas y pinturas utilizadas en juguetes y artículos escolares. Cabe señalar que se publicó un proyecto de NOM en materia de descargas de aguas residuales que en caso de aprobarse sustituirá cuarenta normas en la materia. Este proyecto indica límites máximos permisibles de descargas de mercurio en ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras, suelo y humedales naturales.

También existen NOM que establecen los métodos de prueba para la determinación de mercurio en alimentos, agua potable, agua purificada; en hígado, músculo y riñones de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves; y para la determinación de la peligrosidad de los residuos que contengan esta sustancia. Respecto a esto último, se tienen normas que listan el tipo de residuos con contenido de mercurio que están considerados como residuos peligrosos y los compuestos de mercurio que son transportados por vía terrestre.

Aunque no derivan NOM de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos ésta señala explícitamente en el Artículo 41 que el fulminato de mercurio se encuentra sujeto a las regulaciones que dicte la Secretaría de la Defensa Nacional. Asimismo, la Ley Minera señala que están sujetas a regulación de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, la exploración, explotación y beneficio de las vetas de mercurio.

En un comunicado de prensa el 30 de junio de 2011 se presentó literalmente lo siguiente:

“Los fabricantes de lámparas promueven que se armonice la reglamentación que afecta a ciertas lámparas de alto rendimiento”.

- Bruselas

La Federación Europea de Fabricantes de Lámparas (ELC) subraya la necesidad de armonizar los reglamentos nacionales e internacionales aplicables a determinadas lámparas de alto rendimiento utilizadas principalmente en aplicaciones profesionales.

Para conseguir que estos productos tengan una alta eficiencia, contienen pequeñas cantidades de emisores de bajo nivel de radiación.

Varios estudios independientes han demostrado que estas lámparas son inocuas para la salud y el medio ambiente. Mientras muchas autoridades reconocen que estos productos no requieren ningún control regulatorio, la interpretación e implementación de las normas internacionales de seguridad y su posterior adaptación en cada país sigue siendo muy variada.

La ELC está trabajando junto con las autoridades competentes para armonizar su interpretación y aplicación. Esto se ha traducido en que miembros de la ELC han obtenido ya la autorización en 30 países. Los fabricantes están ahora informando a sus clientes y otros grupos de interés sobre la situación actual país por país.”

Jürgen Sturm, Secretario General de la ELC, ha asegurado que “como un sector responsable, seguimos dialogando con las autoridades reguladoras nacionales e internacionales sobre los requisitos específicos para obtener una exención en cada país. Nuestro objetivo final es alcanzar una armonización del abanico de regulaciones a las que se enfrenta la cadena de suministro.”

Equipo de Investigación

Dra. Casta Zeceña Zeceña
(Investigadora Principal)

Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente
Coordinadora Carrera Ingeniería Ambiental y
Coordinador del Área de Química
Facultad de Ingeniería, USAC
e-mail: zecenna@yahoo.com

Investigadores Asociados

Lic. Ingrid Lorena Benítez P.
Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio
Ambiente

Profesora de Ecología y
Coordinadora Laboratorio de Análisis
Fisicoquímicos
Facultad de Ingeniería, USAC
e-mail: ingrid_lorenab@hotmail.com

Inga. Tannia Magaly De León M
Profesora de Química y
Supervisora de Laboratorio de Química
Facultad de Ingeniería, USAC
e-mail: deleontannia@gmail.com

Ing. César Alfonso García G.
Coordinador Área de Investigación y
Desarrollo Tecnológico
Jefe de la Sección Química Industrial, Centro de
Investigaciones
Facultad de Ingeniería, USAC
e-mail: chechalgar@yahoo.com

Auxiliares de Investigación

Br. María Fernanda Terraza P.
Estudiante de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería, USAC

Br. Claudia Carolina Corzo
Estudiante de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería, USAC

Br. Carolina Theissen
Estudiante de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería, USAC

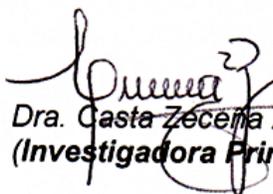
Br. Héctor Rolando Méndez Rossal
Estudiante de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería, USAC

Br. Paulo Adolfo Vendrell
Estudiante de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería, USAC

Colofón

La presente guía para el manejo adecuado de las luminarias utilizadas en los sistemas de iluminación municipales que contienen mercurio. Este documento que emerge del proyecto de investigación FODECYT 19-2010 y que fue ejecutado por profesores investigadores de la Escuela de Ingeniería Química. Es así que se pretende transmitir un mensaje orientador a las autoridades municipales y que dispongan de la asesoría técnica que la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos puede proporcionar para colaborar en la reducción de las diversas problemáticas de impacto ambiental.

Para el caso del proyecto de mercurio metálico contenido en las luminarias municipales, el propósito que la Universidad de San Carlos persigue es brindar estas reglamentaciones diseñadas para uso de las municipalidades con el fin de disponer de información técnica y procedimientos que apoyen a las Instituciones Ediles de la Republica de Guatemala en la gestión y manejo de los desechos producidos por los sistemas de alumbrado público.



Dra. Gasta Zeceña Zeceña
(Investigadora Principal)



Vo.Bo. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
(Decano, Facultad de Ingeniería)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA