

Universidad de Cienfuegos

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Departamento Ingeniería Industrial

Trabajo de Diploma

Título: Procedimiento para la Gestión Logística de los Desechos Peligrosos en Cuba. Caso de estudio: Lámparas de Mercurio.

Autora: Inés María Olivera León

Tutor: M.Sc. Ing. Alexander Brito Brito.

Curso 2014-2015

AÑO 57 DE LA REVOLUCIÓN

“Hay grandes hombres que hacen a todos los demás sentirse pequeños. Pero la verdadera grandeza consiste en hacer que todos se sientan grandes.”

Charles Dickens

Pensamiento

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Hago constar que la presente investigación fue realizada por la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ingeniería Industrial, autorizando que la misma sea utilizada para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentada en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Firma del Autor:

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según el acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico – Técnica

Computación

Tutor

Oponente

Agradecimientos

Le agradezco a Dios porque sin él yo no pudiese ser la persona que soy hoy.

A mi tutor Alexander por haberme guiado de forma sabia y segura.

A mi “doctora” Marisol Fernández gracias por ayudarme a tener más confianza en mí y enseñarme que en la vida todo se puede.

A la doctora Lilian Gonzáles por compartir con dedicación sus conocimientos.

A mi amigo e Ingeniero Carlos Alberto Velas por sus repasos y por aceptarme como soy.

A mis amistades que me han hecho sentir que soy parte de su familia y ocupan su tiempo en aconsejarme y complacerme.

A mis padres por darme fuerzas para seguir adelante en mi carrera a pesar de todos mis tropiezos.

A mis abuelos por haberme apoyado siempre en mis decisiones

A mi esposo porque gracias a su amor y su paciencia he podido enfrentar todas las dificultades.

A mis tíos por estar siempre pendientes a mi llamado, en especial a mi tío Guille que desde pequeña cuida de mis caprichos y necesidades.

A mis primos que disfrutan, comparten las alegrías y las tristezas conmigo.

A mis vecinos por estar pendientes y preocupados a cada necesidad.

Les agradezco a todas las personas que han hecho que este sueño sea posible.

A todas ellas mi agradecimiento y siempre tendrán un lugar especial en mi corazón.

Gracias.

Dedico esta tesis a mi familia por haberme apoyado en el transcurso de una de las etapas más difíciles e importante de mi vida.

En especial a mi abuela Caridad Santana "Nena" por sembrar en mí la semilla de la perseverancia creciendo aun más ante los obstáculos que se me presentaban a lo largo del camino.

Resumen

La investigación “*Procedimiento para la Gestión Logística de los Desechos Peligrosos en Cuba. Caso de estudio: Lámparas de mercurio*”, forma parte del inicio de un proyecto de desarrollo de un Centro de Confinamiento de los Residuos Peligros que se encuentran localizados en las industrias, laboratorios, instituciones de la salud y científico-técnicos, en entidades de servicio y otros, por todo el territorio nacional.

El objetivo general de la investigación consiste en diseñar un procedimiento para la Gestión Logística de los desechos peligrosos, específicamente de las lámparas de mercurio.

Como resultados más importantes de esta investigación se encuentran la propuesta de un procedimiento para la gestión logística de desechos peligrosos en Cuba, así como un conjunto de herramientas propuestas para ser aplicadas en otros tipos de desechos.

Con la implementación del procedimiento diseñado se realiza la caracterización y análisis de la generación de lámparas de mercurio como uno de los desechos peligrosos más importantes en Cuba, así como la descripción de todo el proceso tecnológico necesario para su recolección, transporte, manipulación y almacenaje, para el proyecto concebido como El Confinatorio, que tendrá ubicación en la provincia de Cienfuegos.

Abstract

Investigation "Procedure for the Logistic Step of the Hazardous Wastes in Cuba Case study: Mercury lamps", way departs from of the start of a development project a Center of Confinement of the Leftovers Dangerous that meet localized in the industries, laboratories, institutions of health and scientist technical, in service entities and other ones, for all of the national territory.

The general objective of investigation consists in designing a procedure for the Logistic Step of the hazardous wastes, specifically of the mercury lamps.

As most important results of this investigation find the proposal of a procedure for the logistic step of hazardous wastes in Cuba, as well as a collection of tools proposed to be applied in other types of waste matter.

With the implementation of the designed procedure comes true characterization and analysis of the generation of lamps of mercury like one of the most important hazardous wastes in Cuba, as well as the description of the whole technological necessary process for your collection, transportation, manipulation and storage, for the project conceived like The Confinatorio, that will have position in the province of Cienfuegos.

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo 1: Consideraciones generales sobre los desechos peligrosos su manejo integral.	8
1. Introducción.....	8
1.1. La Generación de Residuos Peligrosos en el Mundo.....	8
1.1.1 Generalidades y clasificación de los Desechos peligrosos.....	9
1.1.2 Estrategias para la gestión integral de los desechos peligrosos.....	15
1.2. Evolución de la logística ante los nuevos retos de la humanidad	19
1.2.1 El interés por la logística inversa.....	21
1.2.2 Diferencias entre la logística directa y logística inversa	25
1.2.3 La logística inversa y el medio ambiente	28
1.2.4 La Logística Inversa en la Gestión de Residuos Peligrosos.....	32
1.3. Situación ambiental cubana relacionada con los desechos peligrosos.....	34
1.3.1 Fortalecimiento del marco legal sobre desechos peligrosos	36
1.3.2 Propuestas e implementación de soluciones a problemas específicos	41
1.4. Conclusiones del Capítulo 1	44
Capítulo 2: Aspectos generales sobre el Proyecto Confinatorio y sus necesidades.	45
2. Introducción.....	45
2.1 Antecedentes del Proyecto Confinatorio de Residuos Peligrosos.....	45
2.2 Generalidades.....	46
2.3 Descripción del Proyecto de Confinatorio de Residuos Peligrosos en la exCEN	46
2.3.1 Partes y áreas que integran un confinamiento de residuos peligrosos.....	48
2.3.2 Premisas y objetivos del proyecto Confinatorio	51
2.4 Procesos de Gestión Logística de Residuos o Desechos Peligrosos	54
2.4.1 Análisis de los procedimientos Existentes	54
2.5 Procedimiento para la Gestión Logística de Residuos Peligrosos en Cuba.	59
2.5.1 Etapa I: Caracterización de los Residuos.	59
2.5.2 Etapa II: Estudio de las disponibilidades Logísticas.....	62
2.5.2.1 Modelo para las Rutas de recorridos de los residuos en el confinamiento.	65
2.5.3 - Etapa III: Diseño del Proceso Logístico	69
2.5.4 - Etapa IV: Proceso de Tratamiento y Disposición Final de los Residuos.....	72
2.6 Conclusiones del capítulo 2.....	72
Capítulo 3 Implementación del procedimiento para la gestión logística de las lámparas de mercurio.	74
3. Introducción.....	74
3.1 Caracterización general de los residuos en Cuba	74
3.2 Implementación del Procedimiento para la Gestión Logística de los Residuos Peligrosos en Cuba.....	77
3.3 Conclusiones Parciales del Capítulo 3.....	112
Conclusiones.....	114

Introducción

Hoy son pocas las actividades de la sociedad moderna que no imponen una demanda cada vez mayor de artículos de consumo, productos químicos domésticos, agrícolas y para servicios, incluidas formas muy avanzadas de atención médica. Los resultados de este progreso científico y tecnológico, medidos por el aumento general de la calidad de vida, no sólo han beneficiado a la humanidad sino también están empezando a crear una mayor conciencia de las consecuencias peligrosas para la calidad del medio ambiente.

Los desechos o residuos peligrosos son todos aquellos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes, representa un peligro para la salud humana y el medio ambiente.

El problema de cómo y dónde disponer de los desechos peligrosos no es nuevo pero hasta los años sesenta la mayoría de ellos se enterraba o se eliminaba al descuido en vertederos que en su mayor parte eran inadecuados. Durante los años sesenta empezaron a surgir informes sobre la contaminación de las aguas de superficie, de pozo y subterráneas. El conocimiento y el temor del público en cuanto a esta situación aumentaron particularmente en los Estados Unidos, pero pronto también en varios otros países. En EUA, esto llevó al descubrimiento de los miles de vertederos de desechos inadecuados que existen y al desarrollo de un "superfondo". Al mismo tiempo, surgió una actitud pública que hace que sea muy difícil, sino imposible, establecer centros de eliminación de desechos peligrosos (un incinerador, un vertedero, etc.) casi en cualquier lugar, y ahora es bien conocida por todos la expresión "No en mi patio de atrás", que simboliza la oposición a la ubicación de dichos establecimientos en las comunidades.

La disposición inadecuada de residuos peligrosos hizo que los países industrializados dieran una alta prioridad a su manejo en la década de los 80. El manejo de los residuos peligrosos incluye los procesos de minimización, reciclaje, recolección, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición.

Existe una gran preocupación mundial por los riesgos al medio ambiente y a la salud que han causado los residuos peligrosos. Es por ello que se han realizado acciones para gestionar dichos residuos de una manera ambientalmente segura pues existe una creciente inquietud pública en cuanto a la disposición inadecuada de estos y puedan representar un mayor riesgo para la salud.

Cabe destacar que la principal vía para la solución de los problemas asociados al manejo de los desechos peligrosos es minimizar su generación. Éste es uno de los principios que promueve la Producción Más Limpia, por lo que su introducción en las actividades productivas y de servicios garantizará que se reduzcan los problemas asociados al manejo de los desechos peligrosos en un futuro.

A nivel internacional se han realizado acciones para gestionar los residuos peligrosos y uno de los primeros convenios internacionales para el manejo adecuado de los desechos peligrosos fue la “Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano” en 1972, en Estocolmo, Suecia.

Otras convenciones y convenios fueron “Pautas y Principios de El Cairo para el Manejo Adecuado de Desechos Peligrosos para el Medio Ambiente” adoptados por la UNEP en junio de 1987 y más recientemente el “Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación” se firmó en marzo de 1989, durante una conferencia celebrada en Basilea, Suiza.

En el año 1993 en América Latina y el Caribe la Organización Panamericana de la Salud (OPS) realizó una encuesta a 21 países de la región incluyéndose también a Cuba con respecto a la producción y eliminación de desechos peligrosos de la industria. El estudio comprendió el análisis de datos sobre cantidades de desechos peligrosos producidos por la industria y los establecimientos de atención de salud lo cual obtuvo como resultados los lodos a un 5.7%, los residuos sólidos 4.3% y los líquidos un 90% siendo este el resultado más elevado debido al agua de lavado de residuos peligrosos, y contaminada con sustancias peligrosas. Los lodos y sólidos también fueron analizados por cada país obteniendo resultados elevados para los más desarrollados como México, Brasil, Uruguay, Venezuela y Argentina.

Este tema de gran importancia internacional requiere de una respuesta decidida y cooperativa, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y la Organización de Unidad Africana (OUA), sus esfuerzos internacionales están dirigidos a establecer los arreglos de gobierno a gobierno para prohibir o controlar la eliminación de los desechos tóxicos y peligrosos.

La preocupación por el medio ambiente ha pasado de ser minoritaria a extenderse de una manera notable: prensa, políticos, organizaciones sociales, todos se hacen eco de las voces autorizadas de científicos que, desde hace años, han venido alertando sobre la degradación acelerada que estamos provocando en el planeta. Las empresas, ante las presiones de gobiernos y de consumidores, tratan de mejorar tanto los procesos como sus productos, de manera que el impacto medioambiental, desde el diseño del artículo fabricado hasta el final de la vida útil del mismo, sea lo menos dañino posible.

Una fuente de mejora indudable es la relacionada con la logística y los nuevos retos que plantea la recuperación de material a rehusar o reciclar. Toda la problemática que rodea estas decisiones se viene denominando **logística inversa o de reversa**, ya que supone canalizar un nuevo flujo de retorno desde el consumidor hacia los proveedores. La logística inversa, está llamando cada vez más la atención de los responsables de empresas y de los investigadores, implica nuevas oportunidades y obligaciones, a la par que plantea la necesidad de proponer y generar nuevas soluciones para problemas que, hace años, no se ponían de manifiesto.

La generación de desechos peligrosos se ha convertido en la actualidad en un grave problema para la humanidad, creando una situación de alto riesgo para la salud de las personas y un incremento en la contaminación del medio ambiente.

Las estrategias para la gestión de los desechos peligrosos deben estar sustentada en el manejo integral de los desechos peligrosos mediante la prevención de su generación en las fuentes de origen y el manejo seguro de los mismos a lo largo de su ciclo de vida, con el fin de minimizar los riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Por manejo integral de desechos peligrosos se entiende la ejecución de todas las operaciones asociadas a cada una de las etapas del ciclo de vida de estos desechos, que comprende la aplicación de un conjunto de medidas preventivas que deben contemplar tanto la disminución de la generación de residuos como su peligrosidad y asegurar el uso de prácticas de gestión ambientalmente adecuadas en el almacenamiento, transporte, reciclado, tratamiento y disposición final de los residuos.

Para la disposición final de los desechos peligrosos, uno de los métodos más utilizados es el de Confinamiento para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente.

Cuba en el artículo 27 de la Constitución de la República de Cuba, expresa que “El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo

económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza.”

El sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba, aprobó la sostenibilidad y desarrollo de investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social, a partir de Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, en el tema V referido a la Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente.

El Comité Ejecutivo del Consejo de Ministro, en su acuerdo 4002 de fecha 24 de abril de 2001, encarga al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) que supervise y exija a los organismos correspondientes el cumplimiento de las regulaciones establecidas para la protección y conservación del medio ambiente y el uso racional de los recursos renovables; así como, dirigir y controlar las medidas que garanticen el cumplimiento de los compromisos internacionales contraídos por el país en materia de medio ambiente, seguridad biológica, uso de la energía nuclear y la prohibición de las armas químicas.

La generación de desechos peligrosos a nivel mundial continúa siendo una problemática en crecimiento, de la que nuestro país no está exento. En Cuba existe un gran volumen de desechos peligrosos que se generan en las industrias, laboratorios, instituciones de la salud y científico-técnicos, en entidades de servicio y otros. Estos se encuentran distribuidos por todo el territorio, cercanos a ecosistemas, asentamientos poblacionales y otras zonas vulnerables constituyendo un gran riesgo de contaminación.

La Empresa SERVIQUÍMICA, desde que existía el MINBAS, solicitó un área para Confinatorio de Desechos Peligrosos en la Provincia de Cienfuegos, en las instalaciones que iban a conformar la Central Electronuclear. A nivel nacional se evaluaron tres variantes para el Confinatorio: Las Tunas, el macizo del Escambray y la ex CEN, considerándose esta última como la de mejores condiciones.

La solución definitiva, que incluye el tratamiento y disposición final no está resuelta, siendo el almacenamiento en condiciones seguras y factibles una de las variantes consideradas.

Se desconoce la capacidad de almacenamiento mínima necesaria para confinar todo el inventario de residuos peligrosos existentes en el país.

Para iniciar este proyecto se han seleccionado cuatro tipos de desechos peligrosos, pero se necesitan estudiar cual es el esquema tecnológico necesario para las operaciones logísticas que se van a desarrollar en dicha instalación, es decir, la manipulación, transporte, almacenaje, envases, cargas y conservación, así como todos los medios de seguridad y protección que aseguren la salud de los trabajadores implicados en las mismas.

Todo lo antes expuesto como **situación problemática** de la investigación trae consigo el siguiente **problema de investigación**:

¿Cómo contribuir al diseño de las operaciones logísticas de los desechos peligrosos en Cuba, específicamente de lámparas con contenido de mercurio que permita el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio?

Para lograr solucionar este problema se propone el **Objetivo General** siguiente:

Diseñar un procedimiento para la Gestión Logística de los desechos peligrosos, específicamente de lámparas con contenido de mercurio, que garantice el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio.

Objetivos Específicos

1. Revisar las consideraciones teóricas sobre la generación de desechos peligrosos en el mundo y en Cuba, así como la utilización de la logística inversa como una de las herramientas que permitan el manejo integral de los mismos.
2. Analizar de manera general el proyecto de Confinatorio de Residuos Peligros en Cuba a desarrollar en la provincia de Cienfuegos.
3. Diseñar un procedimiento para la Gestión Logística de los desechos peligrosos, que permita el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio.
4. Implementar el procedimiento para la gestión logística en los desechos peligrosos, tomando a modo de caso de estudio lámparas con contenido de mercurio almacenados en Cuba.

El tipo de investigación que se desarrolla contiene las características siguientes: exploratoria, descriptiva, correlacionar y explicativa.

Para lograr los objetivos específicos propuestos la investigación se ha estructurado de la manera siguiente:

Capítulo 1: Consideraciones generales sobre los desechos peligrosos y su manejo integral.

Se realiza una revisión de la generación de los desechos peligrosos en el mundo y en Cuba, así como sus generalidades y clasificaciones dadas por las instituciones internacionales relacionadas con el cuidado y protección del Medio Ambiente. Además se analiza la utilización de la logística como ciencia o herramienta para dar solución al manejo integral de los residuos peligrosos, logrando su seguimiento desde las fuentes de generación hasta los puntos donde se defina su tratamiento y disposición final.

Capítulo 2: Aspectos generales sobre el Proyecto Confinatorio y sus necesidades.

En este capítulo se propone la caracterización general del proyecto de Confinatorio de Residuos Peligros en Cuba a desarrollar en la provincia de Cienfuegos. Además se realiza una revisión de los procedimientos existentes en la literatura que tratan sobre la manipulación integral de los desechos peligrosos. Analizando sus ventajas y desventajas se diseña un procedimiento para la gestión logística de los desechos peligrosos en el proyecto de Confinatorio *Mercurio* que permita el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio.

Capítulo 3: Implementación del procedimiento para lámparas con contenido de mercurio.

Implementar las etapas del procedimiento propuesto para la gestión logística en los desechos peligrosos de lámparas con contenido de mercurio que están almacenados en Cuba, garantizando *Mercurio* el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio.

Como resultados más importantes de esta investigación se encuentran la propuesta de un procedimiento para la gestión logística de desechos peligrosos en Cuba, así como un conjunto de herramientas propuestas para ser aplicadas en otros tipos de desechos. Del procedimiento se obtiene una localización y análisis de la recuperación de lámparas con contenido de mercurio como uno de los desechos peligrosos por donde dará inicio el proyecto del Confinatorio. Además se presenta una Ficha del Residuo en la cual se recogen todas las características, riesgos y requerimientos de lámparas con contenido de mercurio, así como la descripción de la tecnología necesaria para su recolección, transporte, manipulación y almacenaje, para el proyecto del Confinatorio, que tendrá ubicación en la provincia de Cienfuegos.

Capítulo 1: Consideraciones generales sobre los desechos peligrosos su manejo integral.

1. Introducción

En el capítulo se revisan las generalidades y clasificaciones internacionales sobre los residuos peligrosos, así como los principales elementos a considerar para el manejo integral de estos, tomando como ciencia para su análisis a la Logística Inversa como una extensión de la gestión de los flujos empresariales hasta la recuperación, reciclaje o confinamiento de sustancias que se generan en las cadenas de suministros o productivas y pueden convertirse en una fuente de riesgo vital para la sociedad cubana.

1.1. La Generación de Residuos Peligrosos en el Mundo.

La creciente actividad humana en los tres grandes sectores económicos ha producido un efecto cada vez más importante sobre el medio ambiente. La generación de residuos ha crecido en forma espectacular, pero, además, la naturaleza de los mismos con una contribución mayor de sustancias de peligrosidad, ha aumentado progresivamente los niveles de riesgo asociados a su presencia en el medio. (Rodríguez & Irabien, 1999)

La causa principal, aunque no la única, de este aumento progresivo de la peligrosidad de los residuos es la intensificación y diversificación de la actividad industrial. La industria aparece asociada de manera muy destacada a la producción de ese grupo genérico de residuos catalogables como peligrosos cuya significación resulta cada vez más importante. (Rodríguez & Irabien, 1999)

El estudio de los problemas relacionados con la caracterización de los residuos peligrosos, la evaluación de los riesgos asociados a su presencia y el desarrollo e implantación de estrategias adecuadas para su gestión constituyen, hoy en día, parte esencial del contenido de los programas de investigación en el ámbito del medio ambiente en los países más desarrollados. (Rodríguez & Irabien, 1999)

Muchas son las actividades que conducen a la generación de residuos peligrosos. Aunque no exclusivas del sector industrial, éste representa, con mucho, el productor más destacado de dicho tipo de residuos. En términos cuantitativos no suponen más de un 20-25% del total de residuos generados por la industria.

La producción mundial de residuos peligrosos podría estimarse en una cifra superior a los 350 MM Ton/año (millones de toneladas al año) y hasta próxima a los 400 MM Ton/año, dato más que elocuente en relación con la magnitud del problema. El 90% de esta cifra corresponde a los países industrializados, en los que se concentra la mayor parte del problema. Son también estos países los que poseen una mayor capacidad de respuesta.

En este sentido los problemas de residuos peligrosos emergentes en países con un crecimiento industrial importante en los últimos años presentan caracteres de una particular gravedad. Así, países como Brasil, México y Corea del Sur pueden estar en la actualidad en niveles de producción de residuos peligrosos en torno a los 5 MM Ton/año cada uno. (Rodríguez & Irabien, 1999)

Aun con las reservas que la propia naturaleza del problema impone, se estima que la producción de residuos de esta categoría a nivel mundial rebasa las 350 millones de toneladas al año. La mala gestión o la ausencia de ella, en el pasado, ha dado lugar a un elevado número de casos de contaminación grave del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas. En los últimos veinte años se han desarrollado planes específicos sobre este tipo de residuos en los países industrializados, lo que ha permitido avanzar en el conocimiento real de las cifras de producción, con una identificación más rigurosa de las fuentes. (Rodríguez & Irabien, 1999)

Hoy día puede decirse que la gestión de los residuos peligrosos constituye uno de los capítulos de atención prioritaria en los países industrializados. La situación del problema actual exige el enfoque del mismo desde una doble perspectiva: por una parte, se trata de controlar el impacto de estos residuos sobre el medio, mediante una adecuada gestión de los mismos, pero además ha de abordarse la tarea ingente de restaurar los daños producidos en la extensa lista de lugares en los que se van descubriendo los efectos negativos de prácticas pasadas. La estrategia más plausible de cara al futuro pasa por la adopción de medidas de tipo preventivo, encaminadas a reducir la generación de residuos en su origen y a procurar la recuperación de recursos a partir de los mismos. (Rodríguez & Irabien, 1999)

1.1.1 Generalidades y clasificación de los Desechos peligrosos.

Atendiendo a las principales características o propiedades físicas, químicas y biológicas se pueden clasificar los desechos o residuos sólidos en:

1. Residuos orgánicos biodegradables.

2. **Residuos Peligrosos.**

3. Residuos estables o inertes.
4. Residuos combustibles.

El alcance del término "**desecho o residuos peligrosos**" es mayor al, que solo se limita a los residuos sólidos. En forma genérica se entiende por los desechos o residuos provenientes de cualquier actividad y en cualquier estado físico, incluidos toda sustancia o artículo que se convierta en desecho y que por la magnitud o modalidad de sus características físicas, biológicas o químicas, pueda representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana. Entre ellas características corrosivas, tóxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o cualquier otra, representen un peligro para la salud humana y el medio ambiente.

Lista de características peligrosas

Corresponde al sistema de numeración de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988).

1. **Explosivos** (1 H1): Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.
2. **Líquidos inflamables** (3 H3): Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65.6°C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias, sería compatible con el espíritu de esta definición.)
3. **Sólidos inflamables** (4.1 H4.1): Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.

4. **Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea** (4.2 H4.2): Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
5. **Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables** (4.3 H4.3): Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
6. **Oxidantes** (5.1 H5.1): Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
7. **Peróxidos orgánicos** (5.2 H5.2): Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -o-o- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición auto acelerada exotérmica.
8. **Tóxicos (venenos) agudos** (6.1 H6.1): Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
9. **Sustancias infecciosas** (6.2 H6.2): Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
10. **Corrosivos** (8 H8): Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
11. **Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua** (9 H10): Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
12. **Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos)** (9 H11): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénica.
13. **Ecotóxicos** (9 H12): Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
14. Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, **un producto de lixiviación**, que posee alguna de las características arriba expuestas (9 H13).

La clasificación de un desecho o residuo como "**peligroso**" se puede realizar en base a distintos criterios:

1. Pertenecer a listas de tipos específicos de residuos.
2. Estar incluidos en listas de residuos generados en procesos específicos.
3. Presentar alguna característica de peligrosidad (tóxico, corrosivo, reactivo, inflamable, explosivo, infeccioso, ecotóxico).
4. Contener sustancias definidas como peligrosas.
5. Superar límites de concentración de sustancias definidas como peligrosas.
6. Superar límites establecidos al ser sometidos a ensayos normalizados.

La selección de los criterios utilizados dependerá de las necesidades del país, del desarrollo de la política y la gestión de residuos, de los recursos presupuestales y las limitaciones en materia de infraestructura analítica para la caracterización de los residuos.

De acuerdo al **Artículo 1 del Convenio de Basilea** son "**desechos peligrosos**" a efectos del Convenio los siguientes desechos que sean objeto de movimientos transfronterizos:

1. Los desechos que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el **Anexo I**, a menos que no tengan ninguna de las características descritas en el **Anexo III**; y
2. Los desechos no incluidos en el apartado anterior, pero estén definidos o considerados peligrosos por la legislación interna de la Parte que sea Estado de exportación, de importación o de tránsito.

Quedan excluidos los siguientes desechos:

1. Desechos urbanos y residuos resultantes de la incineración de desechos urbanos, los cuales son considerados "otros desechos" a los efectos del Convenio.
2. Los desechos que por ser radiactivos estén sometidos a otros sistemas de control internacional.
3. Los desechos derivados de las operaciones normales de los buques, cuya descarga esté regulada por otro instrumento internacional.

El **Anexo I del Convenio** consta de dos partes, en la primera se listan 18 tipos de corrientes o procesos que generan desechos considerados peligrosos (denominados Y1 a Y18), seguidamente se presenta una lista de 27 elementos o compuestos cuya presencia como constituyente determina que el desecho sea considerado como peligroso (Y19 a Y45).(**Ver Anexo 1**).

Mientras que en el **Anexo III del Convenio** se presenta una lista de características de peligrosidad agrupadas en 14 tipos. Para clasificar un desecho como peligroso es necesario tener evidencia que presenta alguna de las características que se listan. **(Ver Anexo 2)**.

La Unión Europea utiliza una lista de residuos, denominada comúnmente "**Catálogo Europeo de Residuos**", donde están indicados los residuos que consideran peligrosos. Se trata de una lista armonizada y no exhaustiva de residuos que se examina periódicamente.

Se considera que los residuos clasificados como peligrosos reúnen una o más de las siguientes características definidas como H1 a H14, superando límites de concentración definidos.

Los Estados miembros podrán decidir en casos excepcionales, basados en pruebas documentales, que un residuo que figura en la lista como peligroso no presenta ninguna de las características H1 a H14 en concentraciones superiores a las establecidas y por lo tanto clasificarlo como no peligroso. También podrán decidir, en casos excepcionales, que un residuo que figura en la lista como no peligroso presenta alguna de las características. **(Ver Anexo 3)**.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en su Ley de Recuperación y Conservación de Recursos define legalmente como "residuo peligroso" al residuo sólido que:

1. No ha sido excluido de la regulación de residuos peligrosos y
2. Cumple alguno de los siguientes criterios:
 - Exhibe cualquiera de las características de peligrosidad.
 - Está incluido en una de las listas específicas.
 - Resulta de la mezcla de un residuo sólido y un residuo peligroso listado, salvo que la mezcla no presente ninguna característica de peligrosidad.

Según sus características de peligrosidad se clasifican por su:

1. Inflamabilidad
2. Corrosividad
3. Reactividad
4. Toxicidad (Test de lixiviación)

Además existen algunas Listas que han creado varios autores e institutos como son:

- **Lista F.** Incluye residuos de procesos industriales genéricos. Teniendo en cuenta que los procesos que generan estos residuos pueden darse en diferentes sectores industriales, esta lista es conocida como de residuos de fuentes no específicas.
- **Lista K.** Incluye residuos de trece sectores industriales, por lo que se conoce como lista de residuos de fuentes específicas.
- **Lista P y Lista U.** Incluyen descartes de productos químicos y formulaciones comerciales. Los productos químicos incluidos en la lista P son tóxicos agudos.
- **La lista U** está integrada por productos químicos tóxicos e incluye otros que tienen características, tales como inflamabilidad o reactividad.

Existe además otra lista constituida por los residuos que exhiben solamente características de inflamabilidad, corrosividad y/o reactividad. Se trata de una lista de 29 residuos, que no son regulados de igual forma que los anteriores.

Es posible que, por alguna causa (por ejemplo cambio de materias primas o tratamiento previo del residuo), un residuo particular incluido en alguna de las listas no presente ninguna característica de peligrosidad, por lo que el generador podrá solicitar su exclusión como residuo peligroso.

Los residuos excluidos no serán definidos como peligrosos aunque el material esté listado o presente características de peligrosidad.

Cuando se manejan residuos es necesario tener en cuenta la compatibilidad entre los mismos. Se entiende por residuos incompatibles a aquellos que al entrar en contacto o mezclarse con otros, pueden generar calor, fuego, explosión, humos, gases tóxicos o inflamables, disolución de sustancias tóxicas o reacciones violentas.

Los residuos al ser transportados y almacenados deben ser separados o segregados lo cual tiene como objetivo principal minimizar los riesgos de incendio o contaminación que a menudo se presentan en lugares de almacenamiento mixto de sustancias incompatibles. La correcta separación también minimizará las zonas de peligro. **(Ver Anexo 4).**

También es importante el etiquetado que tiene como principal objetivo identificar el residuo peligroso y reconocer la naturaleza del peligro que representa, alertando a las personas involucradas en el transporte o manejo sobre las medidas de precaución y prohibiciones.

Los envases de residuos peligrosos deben estar debidamente identificados por medio de etiquetas de riesgo, especificando la identidad, cantidad, procedencia del residuo y la clase de peligro involucrado. Para ello se utilizan los símbolos universales de identificación de peligro. (Ver Anexo 5).

1.1.2 Estrategias para la gestión integral de los desechos peligrosos.

Históricamente la política de gestión de residuos estaba centrada en la búsqueda de soluciones de disposición final, en un modelo de gestión de "*fin de tubería*". Esta visión, parcializada del problema, ha evolucionado hacia un enfoque estratégico integral que cubre todo el ciclo de vida de los productos y residuos. Es así que la disposición final, si bien sigue siendo necesaria, es un elemento más en la gestión de residuos, dejando de ser el centro de atención a la hora de implementar mejoras.

La estrategia para la gestión de los desechos peligrosos debe estar sustentada en el manejo integral de los desechos peligrosos mediante la prevención de su generación en las fuentes de origen y el manejo seguro de los mismos a lo largo de su ciclo de vida, con el fin de minimizar los riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Por manejo integral de desechos peligrosos se entiende a la ejecución de todas las operaciones asociadas a cada una de las etapas del ciclo de vida de estos desechos, que comprende la aplicación de un conjunto de medidas preventivas que deben contemplar tanto la disminución de la generación de residuos como su peligrosidad y asegurar el uso de prácticas de gestión ambientalmente adecuadas en el almacenamiento, transporte, reciclado, tratamiento y disposición final de los residuos.

Así entonces, el manejo integral de los desechos peligrosos abarca las etapas siguientes:

1. Aplicación de estrategias de prevención de la generación en las fuentes de origen,
2. Generación,
3. Recolección,
4. Clasificación,
5. Transporte,
6. Almacenamiento,
7. Aprovechamiento económico (reciclaje, reaprovechamiento),
8. Tratamiento
9. Disposición final.

Al introducirse en el análisis de las soluciones, se debe tener en cuenta que la gestión ambiental de residuos tiene múltiples aspectos y no puede abordarse exclusivamente desde un punto de vista técnico

y ambiental, sino que tendrá que contemplar la dimensión social y económica, así como factores políticos, institucionales y culturales de cada región.

Para ello es esencial conocer la real dimensión y complejidad del problema, a efectos de diseñar soluciones adecuadas, sobre la bases de una visión sistémica.

Se debe tener en cuenta que el diseño de un sistema de gestión de residuos y en particular el de residuos peligrosos será complejo en atención a la diversidad de actores que intervienen y la amplia variedad de tipos de residuos que lo componen.

En el marco de una política de gestión integral de residuos acorde con el desarrollo sostenible, es necesario definir jerarquías en las estrategias de gestión. Las jerarquías en la gestión obviamente tendrán como primera prioridad evitar la generación de residuos en la fuente, dejando la alternativa de disposición final como última opción de manejo. **Figura 1.**

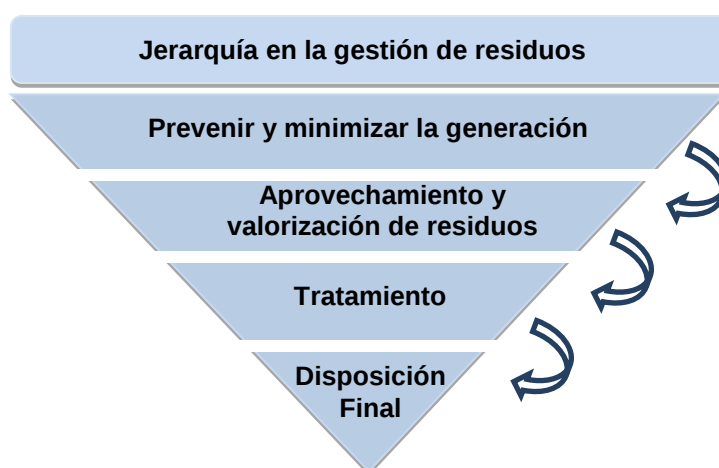


Figura 1.- Estrategias de gestión. Fuente: Centro Coordinador del Convenio De Basilea para América Latina yel Caribe 2005.(J. Martínez, 2005)

Prevenir y minimizar la generación: Como primera escala en el orden jerárquico se encuentra la prevención y la minimización. Promover la minimización en la generación de residuos y prevenir los riesgos inherentes a su manejo involucra establecer una política de producción más limpia. Esta etapa

de gestión está orientada a la autogestión y dependerá en gran parte del cambio de conducta del generador. Dentro de este concepto también se incorpora el concepto de consumo sustentable, donde el consumidor final es clave para minimizar la generación de residuos peligrosos generados como resultado del final de la vida útil de un bien de consumo. La aplicación de campañas de educación y sensibilización tendientes a modificar hábitos de consumo es esencial para atender este aspecto. Sin perjuicio de ello es necesario también incorporar una política de producción de bienes que apunte a disminuir, entre otras cosas, la cantidad de materiales peligrosos presentes en los mismos.

Aprovechamiento y valorización de residuos: Como segundo orden jerárquico se debe fomentar la recuperación de materiales en un contexto de eficiencia económica y ambiental, involucrando tanto el reciclaje como cualquier valorización de residuos, incluyendo la valorización térmica. Para su efectiva implementación es necesario que se desarrollen los mercados de materiales reciclados.

Tratamiento: Ubicado en el tercer lugar en el orden jerárquico, el tratamiento involucrará procesos de transformación ambientalmente aceptables, que tienen como objetivo reducir el volumen y la peligrosidad de los residuos.

Disposición final: Última opción en la escala jerárquica, la disposición final involucra la práctica de disponer residuos en el terreno mediante la modalidad de relleno de seguridad, diseñado y operado para minimizar los riesgos de contaminación ambiental. Dada las características de los residuos peligrosos, esta modalidad involucra el almacenamiento de largo plazo de los residuos dispuestos. Es por esta razón que se debe lograr un sistema donde se asegure que los residuos que ingresan a disposición final sean el mínimo imprescindible, teniendo en cuenta aspectos tecnológicos y económicos.

En el Plan de Manejo se priorizan las opciones de sustitución de materiales peligrosos o de productos que los contengan, en los procesos productivos o actividades en general, la introducción del concepto de minimización de desechos que incluye el reaprovechamiento y el reciclaje y la adopción de buenas prácticas de almacenamiento, transporte y manipulación de los insumos y materias primas involucradas, con el objetivo de reducir el volumen y la peligrosidad de los desechos que requieren de tratamiento y disposición final.

Para la disposición final de los desechos peligrosos, uno de los métodos más utilizados es el de confinamiento para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente.

El emplazamiento de un sitio de disposición final de desechos peligrosos tiene que cumplir los requisitos de ubicación siguientes:

1. Ubicarse en zonas en donde no existan fallas geológicas activas, o que no estén expuestas a deslizamientos o derrumbes de terrenos.
2. Cumplir el radio de protección sanitaria establecidos para la calidad del aire.
3. No deben ser construidos en zonas con riesgo de inundaciones.
4. No deben estar ubicados en suelos inestables o de baja resistencia, tales como suelos orgánicos, arcillas suaves o mezclas de arena y arcilla, suelos que pierden resistencia con la compactación o con la humedad, suelos que sufran aumentos de volumen por consolidación y arenas sujetas a asentamientos e influencia hidráulica, a menos que el proyecto contemple procedimientos aceptables a juicio de la Autoridad para asegurar su estabilidad y resistencia.
5. No deben estar ubicados en sitios expuestos a subsidencias o asentamientos debido a la existencia de minas subterráneas, extracción de agua, petróleo o gas o subsuelos expuestos a disolución.
6. No deben estar ubicados en sitios que puedan afectar aguas superficiales o subterráneas, o ambas, destinadas al abastecimiento de agua a la población, al riego o a la recreación con contacto directo, cuando el desplazamiento del contaminante debido a derrames, sea demasiado rápido e impida la mitigación de los impactos conforme al Plan de Contingencias aprobado para el sitio.
7. El nivel máximo de aguas subterráneas tiene que estar por debajo de los 2 metros del sistema de impermeabilización.
8. Deben estar alejados de actividades tales como almacenes de productos inflamables o explosivos u otros que puedan potenciar las consecuencias frente a la ocurrencia de accidentes o emergencias.
9. Poseer y emplear correctamente por el personal, los medios de protección, así como el plan de mantenimiento de estos.
10. Tener organizado el aviso a la población ante cualquier accidente o avería en la instalación; así como con las instancias de primeros auxilios ante accidentes (Comando Contra incendios, Policía, Policlínico, SIUM, Cruz Roja) y otros que se considere.
11. Tener organizadas las medidas de protección contra incendios.

Todo sitio de disposición final debe tener acceso restringido. Sólo pueden ingresar a este, personas debidamente autorizadas por el responsable de la instalación. Debe además, contar con una cerca perimetral de al menos 1,80 metros de altura que impida el libre acceso de personas ajenas a ella y de animales.

Además de tener concebidos todos los flujos logísticos para el manejo de los residuos y minimizar la ocurrencia de accidentes o daños al medio ambiente.

1.2. Evolución de la logística ante los nuevos retos de la humanidad

Unos años atrás, la logística básicamente estaba relacionada con la gestión de la cadena de suministro de una empresa. En la actualidad, la definición de logística se ha hecho mucho más amplia. En ella se comienzan a considerar temas que pertenecen a decisiones que se producen en el ámbito de las políticas públicas locales, nacionales y también internacionales, como pueden ser las infraestructuras de transporte y las zonas de actividad logística.

Además considerando que la preocupación por el medio ambiente ha pasado de ser minoritaria a extenderse de una manera notable: prensa, políticos, organizaciones sociales, todos se hacen eco de las voces autorizadas de científicos que, desde hace años, han venido alertando sobre la degradación acelerada que se está provocando en el planeta. Las empresas, ante las presiones de gobiernos y de consumidores, tratan de mejorar tanto los procesos como sus productos, de manera que el impacto medioambiental, desde el diseño del artículo fabricado hasta el final de la vida útil del mismo, sea lo menos dañino posible. Por tanto una fuente de mejora indudable es la relacionada con la logística y los nuevos retos que plantea la recuperación de material a rehusar o reciclar.

El término logística se define desde la antigua Grecia en el año 489 a. c. como “***hacer algo lógico***”, pero esto se refiere solamente al significado como palabra. En general, las definiciones de logística han evolucionado destacando su carácter integrador y sistémico a lo largo de más de 50 años, lo cual no ha pasado con el término de logística inversa, puesto que se ha estado profundizando en ello desde hace poco más de diez años.

Es muy normal observar en las empresas modernas como se recuperan productos o materiales de sus clientes ya sea para extraerles valor o como servicios de postventa.

A este proceso se le llamó **Logística Inversa** por (“Conferencia de Subsistemas Logísticos. Reutilización.”, 2010) y hoy es la parte descrita por algunos autores como la tendencia del suministro inverso, dónde los fabricantes inteligentes están diseñando procesos eficaces para rehusar sus productos.

En la literatura existen múltiples definiciones del concepto de logística inversa, retrologística o, la logística de la recuperación y el reciclaje. Desde el punto de vista ambiental, podría definirse como:

“El conjunto de actividades logísticas de recogida, desmontaje y procesado de productos usados, partes de productos o materiales con vistas a maximizar el aprovechamiento de su valor y, en general, su uso sostenible”(“Conferencia de Subsistemas Logísticos. Reutilización.”, 2010)

A continuación se relacionan una serie de definiciones que pretenden demostrar cómo ha ido evolucionando al cursar de los años ya como una actividad empresarial:

“La logística inversa comprende todas las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales. [...] se refiere a todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida”. (REVLOG, 2002)

“Es el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, inventario en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el propósito de recapturarlos, crearles valor, o desecharlos”. (Rogers & Tibben–Lembke, 2003)

“Con logística inversa en el sentido más amplio se entienden todos los procesos y actividades necesarias para gestionar el retorno y reciclaje de las mercancías en la cadena de suministro. La logística inversa engloba operaciones de distribución, recuperación y reciclaje de los productos”. “. (“Conferencia de Subsistemas Logísticos. Reutilización.”, 2010)

“Procesos operativos, administrativos e informáticos mediante los cuales se gestiona el retorno de mercancías y/o soportes logísticos dentro de la cadena de suministros de la manera más eficaz y eficiente posible”. (Carrefour, n.d.)

“El proceso de logística inversa es la trayectoria mediante la cual los activos y los datos retroceden en la cadena de suministro tradicional. Los componentes claves del proceso de logística inversa son los procesos de retorno y la disposición de productos”.

“Es el proceso de planificar, implementar y gestionar la eficiencia del flujo de las materias primas, proceso de inventariado, productos terminados e información, desde el punto de consumo al punto de origen con el propósito de recuperar el valor de la mercancía o el uso adecuado”. (UPS).

“... término utilizado frecuentemente para referirse al papel de la logística en la devolución de productos, reducción de suministros, reciclaje, sustitución y reutilización de materiales, eliminación de desperdicios, reprocesamiento, reparación y re fabricación”. (James R. Stock. Universidad de Florida).

“La logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno, excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales, incluso se adelanta al fin de vida del producto con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación”. (PILOT).

“Hace referencia al flujo de vuelta de artículos y elementos de embalaje, incluido el servicio al cliente y la retirada final de los artículos devueltos. Estas devoluciones pueden ser ciegas –sin previo aviso al proveedor– o preautorizadas –con previa comunicación al proveedor– y que suele llevar asociado un número de autorización”. (Price Waterhouse - Coopers).

En el año 2008, la Sociedad Cubana de Logística resume la importancia que en el país se le ha dado a este concepto cuando expresa: “la logística inversa ayuda a preservar el medio ambiente mediante reciclaje, reutilización y reducción de materiales, contribuyendo a la preservación de la homeostasis ecosistémica”.(Conejero González, Corzo Bacallao, Lugo González, & Torres Gemeil, 2008)

1.2.1 El interés por la logística inversa

El interés por la logística inversa en los diferentes ámbitos es relativamente moderno. Muchos autores coinciden que sus inicios se fijan al principio de la década de los años setenta, cuando se comienza a analizar la estructura de los canales de distribución para el reciclaje, los miembros que participan en estos canales, las nuevas funciones, etc. Pero es a partir de los años noventa cuando se comienza a estudiar con mayor profundidad la gestión de los productos fuera de uso y los sistemas logísticos asociados.

Las razones por las que se ha incrementado en los últimos años el estudio de la logística inversa son: el creciente aumento de los productos retornados, las oportunidades de venta en los mercados secundarios, la enorme proliferación de las devoluciones fin de vida, la presión de los consumidores sobre las empresas para responsabilizarlas de la eliminación de los productos que contienen residuos peligrosos y que la capacidad de los vertederos ha llegado a ser limitada y cara.

Según las definiciones del punto anterior, la logística inversa es un importante sector de actividad dentro de la logística que engloba multitud de actividades. Algunas de estas actividades tienen connotaciones puramente ecológicas, como la recuperación y el reciclaje de los productos, evitando así un deterioro del medio ambiente. Otras buscan, de alguna manera, mejoras y mayores beneficios en los procesos productivos y de abastecimiento de los mercados. Así, procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos, inventarios sobrantes de demandas estacionales, etc., y actividades de retirada, clasificación, reacondicionamiento y reenvío al punto de venta o a otros mercados secundarios, son algunas de las operaciones que pueden enmarcarse dentro de la logística inversa.

Las actividades de la logística inversa son aquellos procesos que se utilizan para recoger productos usados, dañados, no deseados o desfasados, al igual que los envases y embalajes y el transporte de éstos desde los usuarios finales al vendedor. El principal objetivo es recibir el valor más alto posible por los bienes y productos, de acuerdo con las restricciones legales o cláusulas impuestas por el vendedor, o en caso contrario proceder a su eliminación al menor coste posible, figura 2.



Figura 2. Ciclo de vida de un producto. **Fuente:** (Feal Vázquez, 2009)

Cuando un producto se ha devuelto a una empresa, ya se trate de una devolución dentro del periodo de garantía o de un producto al final de su vida útil, la empresa dispone de diversas formas de gestionarlo con vistas a recuperar parte de su valor. Estas opciones están sujetas a múltiples consideraciones: viabilidad técnica, calidad del producto, existencia de infraestructuras, costes implicados, consecuencias para el medio ambiente, etc.

Como se ha dicho, la logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales.

Incluso se adelanta al fin de vida del producto, con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación. Las actividades pueden ser las siguientes: reparación (calidad menor que los productos nuevos), renovación (proporcionar una calidad específica), reciclaje (recuperación para ser utilizado de nuevo), canalización (recuperación de una parte de conjuntos reutilizables), reutilización directa (sin ninguna transformación de importancia), destrucción del producto, enajenación a un tercero, vertido (no

reutilización de forma alguna), restauración (en la que se conserva la identidad del producto), y refabricación (fabricar el producto utilizando componentes del producto retornado), figura 3.

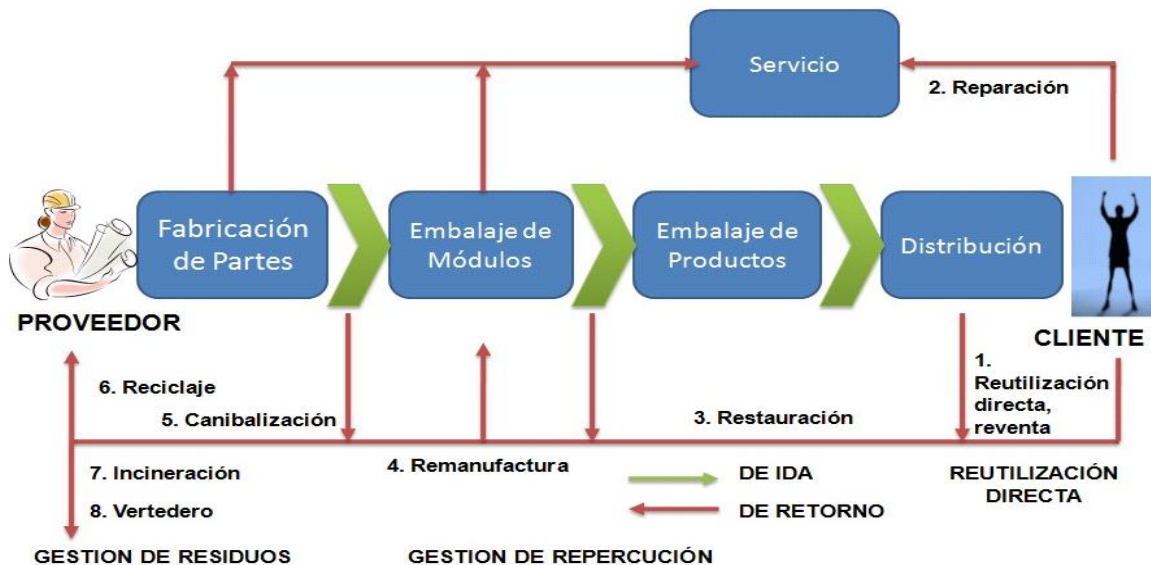


Figura 3. Fabricación de un producto. **Fuente:** (Feal Vázquez, 2009)

Las principales características que diferencian las cadenas de suministro directo con las redes inversas son, en primer lugar, que el momento, cantidad y calidad de los productos entregados puede ser controlado de acuerdo con las necesidades del sistema; sin embargo, en las redes inversas el suministro puede ser difícil de predecir. Las redes directas no incluyen una etapa de inspección similar a las inversas, por lo que éstas son más complejas. Otra diferencia fundamental viene identificada por el número de orígenes de las redes inversas, que suelen ser más numerosos que el número de puntos de suministro en logística directa, figura 4.

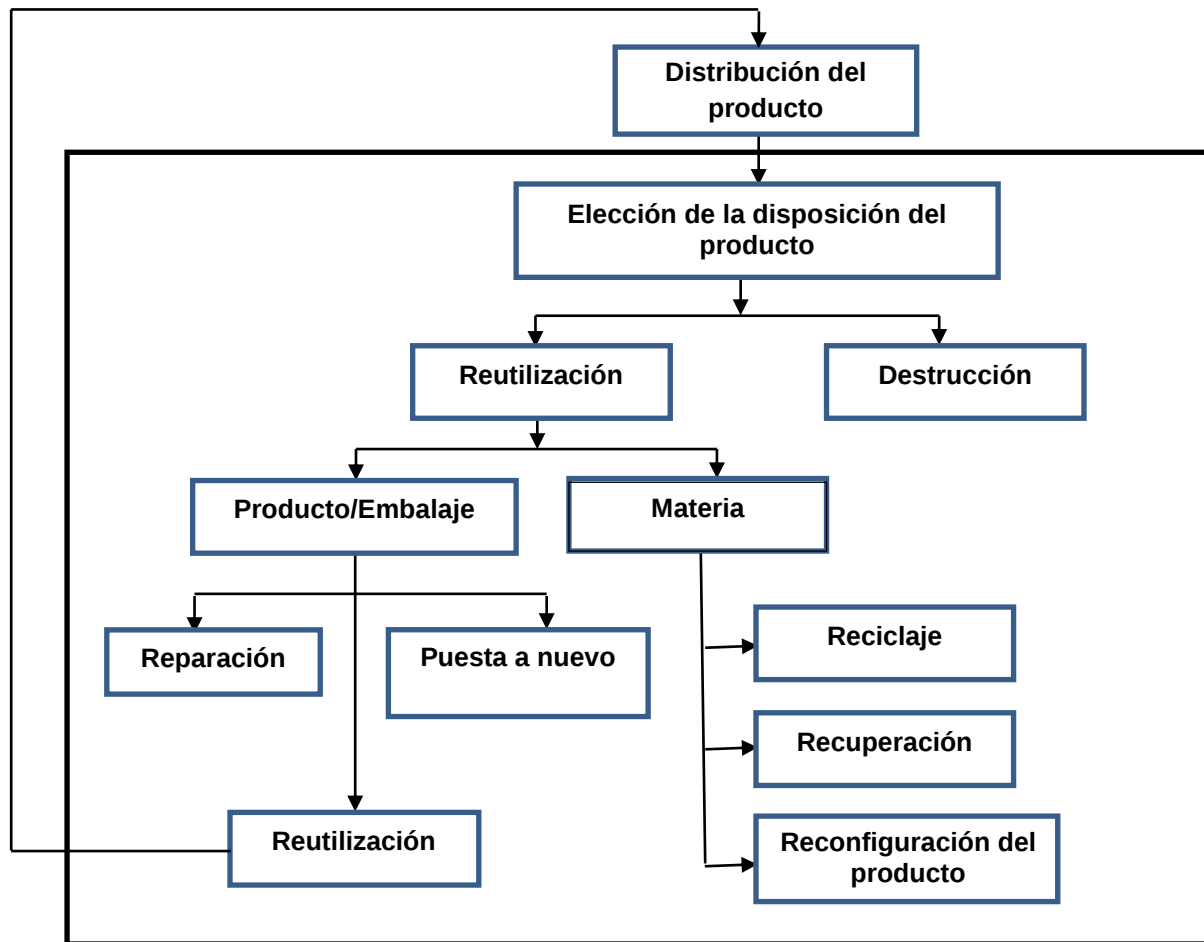


Figura 4: Distribución del Producto. **Fuente:** Feal Velázquez, Javier 2009.

1.2.2 Diferencias entre la logística directa y logística inversa

Después de conocer los conceptos de logística y de logística inversa es necesario conocer a fondo las diferencias entre los dos campos, de ahí la necesidad de que se profundice en la logística inversa en las empresas, pues muchos logísticos pretenden trasladar los modelos y conceptos de la logística directa a la inversa; la logística inversa no es necesariamente «un cuadro simétrico de distribución directa»), cuadro 1.

Otra diferencia importante entre la logística directa e inversa es precisamente el costo de sus operaciones y actividades. Esta diferencia se resume en el cuadro 2.

En la logística inversa se pueden identificar cuatro clases de redes básicas: la directamente reutilizable, la de refabricación, la de reparación y la de reciclaje.

Logística directa	Logística inversa
• Estimación de demanda relativamente cierta. • Transporte de uno a muchos generalmente. • Calidad del producto uniforme. • Envase del producto uniforme. • Precio relativamente uniforme. • Reconocida importancia a la rapidez de entrega. • Los costos son claros y monitoreado por sistemas de contabilidad. • Gestión de inventario relativamente sencilla. • Ciclo de vida del producto gestionable. • Métodos de marketing bien conocidos.	• Estimación de demanda más compleja. • Transporte de mucho a uno generalmente. • Calidad del producto no uniforme. • Envase a menudo dañado o inexistente. • El precio depende de muchos factores. • A menudo no es importante la rapidez de entrega. • Los costos inversos son menos visibles y rara vez se contabilizan. • Gestión de inventario muy compleja. • Ciclo de vida del producto más complejo. • El marketing puede estar complicado por varios factores.

Cuadro 1.– *Diferencias entre la logística directa e inversa (Tibben-Lembke & Rogers, 2002)*

Costos de logística inversa	Comparación con la logística directa
• Transporte • Costo de inventario • Merma • Obsolescencia • Clasificación y diagnóstico de la calidad. • Manipulación • Reparaciones y reempaquetado • Cambio de valor en los libros	• Mucho mayor • Menor • Mucho menor • Puede ser mayor • Mucho mayor • Mucho mayor • Significativo para la logística inversa, no existente logística directa • Significativo para la logística inversa, no existente logística directa

Cuadro 2.– *Comparación entre los costos de logística inversa y directa (Tibben-Lembke & Rogers, 2002)*

Los tipos de redes inversas pueden clasificarse según la motivación para la reutilización: legal (medioambiental) y económica (recuperar el valor del producto usado); según el tipo de artículo

recuperado (embalajes, componentes de repuestos y artículos domésticos); según la forma de reutilización (reparación, renovación, reciclaje, reprocesamiento, canalización y reutilización) y según los actores implicados (productor, consumidor, reciclador y recogedor).

En principio se puede observar que existen ciertas fuerzas que incentivan el uso de la logística inversa, entre estas destacan tres categorías:

1. Razones económicas (directa e indirecta).
2. Razones legislativas.
3. Razones de responsabilidad extendida.

Se puede apreciar que la fuerza económica está relacionada a todas las acciones de recuperación donde la compañía tiene una injerencia directa o indirecta de beneficios económicos (esto se refleja en el abaratamiento de costes, disminución del uso de materiales o en la obtención de partes de repuesto valiosas), aun cuando los beneficios no son inmediatos, el involucramiento con la logística inversa puede ser un paso estratégico si se espera una legislación ambiental, asimismo debido a estas mismas legislaciones, y al uso de una tecnología diferente puede disuadir a otras compañías de entrar a competir al mercado. Por último, podemos ver que una compañía que tiene una buena imagen (ambiental) es preferida en muchos mercados, como es el caso de los mercados europeos; asimismo, esta imagen estrecha vínculos con el cliente, debido a que existe un incremento creciente de conciencia ambiental de la Sociedad.

Idealmente una cadena de este tipo también es llamada una cadena de suministro circular (ya que el flujo inverso cierra el ciclo) mejora el aprovisionamiento de los productos, servicios e información, mejor de lo que lo haría una cadena de suministro tradicional ya que reduce costos a la vez que reduce el impacto ambiental.

Sin embargo, es difícil ejecutar políticas de logística inversa con éxito debido a una serie de impedimentos como son, el retraso en las devoluciones, la variabilidad de la cantidad de productos defectuosos, la calidad desconocida del producto desde el nivel de información del consumidor, resistencia al cambio, restricciones financieras, y una serie de carencias (de sistemas logísticos y de información, de adecuadas medidas de rendimiento, de formación, educación y recursos de personal, de compromiso por la alta dirección, de recompensas, de planificación estratégica y desgana de comerciantes, distribuidores y minoristas).

1.2.3 La logística inversa y el medio ambiente

Durante el siglo XX se realizaron grandes avances tecnológicos, se desarrollaron grandes industrias que utilizan inmensas cantidades de recursos minerales, energéticos y naturales.

Por mucho tiempo se trabajó a expensas del medio ambiente, agotando sus recursos y dañándolo grandemente con emisiones de gases a la atmósfera, y vertido de sustancias peligrosas tanto líquidas como sólidas en la tierra o las aguas. Los síntomas se comenzaron a notar a finales del siglo pasado, el calentamiento global, los agujeros en la capa de ozono, la desertificación, los grandes cambios climáticos, la pérdida de la diversidad biológica, así como el agotamiento de los recursos minerales por sólo citar algunos.

Es por esto que en la alborada del Tercer Milenio, se están realizando acciones para contrarrestar el impacto negativo del hombre en el medio ambiente. Las leyes que sancionan a los que dañan su entorno se han creado por todo el mundo, los mercados se vuelven susceptibles a productos ecológicos sobre todo en la esfera de los alimentos y ya existen tendencias a comprar aquellos productos que estén certificados de que se realizan con procesos que no dañan el medio ambiente o que su daño es el mínimo posible.

Nuevas tendencias de producción y de calidad respetuosas con el medio ambiente se pueden notar en las empresas modernas. La logística, como actividad empresarial importante se ha desarrollado también en este sentido apareciendo las estrategias de logística inversa a finales del siglo pasado, con el objetivo del retorno de los productos, envases y embalajes para reutilización directa, salvar algunas partes, el reciclado de los materiales o una correcta eliminación de los mismos con un mínimo impacto ambiental desfavorable. Aunque se han desarrollado grandes avances, la logística inversa es aún un tema novedoso, sobre todo en países en vías de desarrollo donde queda mucho por hacer.

Ninguna organización o empresa que se preocupe por su éxito y desarrollo futuro puede permitirse el lujo de ignorar el medioambiente que rodea su actividad.

La importancia de la Logística Inversa ha incrementado en los últimos años como consecuencia de:

- Aparición de Nuevas directivas de la Unión Europea (Extensión de la responsabilidad del productor, Internacionalización de costes medioambientales, Objetivos de reciclaje y prohibición de sustancias peligrosas).

- Retos Medioambientales (Crisis de los vertederos, Escasez de los recursos naturales, Carácter lineal del sistema industrial).

La Logística Inversa viene a representar un 4% de los costos logísticos totales. Los distribuidores que adoptan programas de Logística Inversa ahorra entre el 1-3% de sus ventas, reducen mucho tiempo y dinero dedicado a la gestión de retornos de recursos, transporte y reconciliaciones en la facturación.

• **Aumento de los índices de devolución.** Porcentajes de devoluciones:

- Editores de Libros (20-30%)
- Tarjetas de felicitación (20-30%)
- Fabricantes de ordenadores (10-30%)
- Distribuidores electrónicos (10-12%)
- Electrónica de consumo (4-5%)

El concepto de Logística Inversa engloba tres aspectos:

1. Logística de devoluciones o retornos (Moda, Daños en la Cadena de Suministro, Previsiones Incorrectas)
2. **Logística de residuos** o materiales fuera de uso
3. Aprovechamiento de capacidades logísticas

La Gestión de los flujos de retorno de productos o mercancías es un proceso complejo debido entre otros motivos al distinto uso o destino de los mismo, que puede ser: desde su reutilización enviándola al mismo mercado o a otro diferente tras verificar su buen estado o haberle realizado alguna pequeña operación de arreglo; recuperación de algunos de los componentes del producto tras ser reinspeccionados y limpiados y utilizarlos en la producción de nuevos productos realizando la funcionalidad original o no; hasta su reciclado, desmantelado y/o destrucción.

La **Logística de devoluciones o retornos** ha crecido como consecuencia del aumento de la venta a distancia y crecerá cuando internet vaya creciendo, pero sobre todo crecerá porque los mercados pasan de ofrecer productos a dar servicios.

La creciente competitividad entre las diversas compañías, en un mercado en el que cada vez son menos las diferencias reales entre productos, ha obligado a las empresas a desarrollar todo tipo de políticas de

servicio al cliente, tales como: “satisfacción garantizada”, “si no está satisfecho le devolvemos su dinero”, entre otras.

La siguiente (figura 1) indica las razones por las cuales los productos son devueltos y lo que se hace con ellos cuando son devueltos:

La **Logística de residuos o productos fuera de uso**, tiene un crecimiento seguro, en debido a tres aspectos en particular:

1. Los residuos generados en cualquier actividad se quedaban hasta ahora donde se generaban. A partir de ahora deben ser conducidos a plantas específicas para su reutilización, reciclado, o destrucción controlada.
2. Los productos de Fin de su vida útil eran “eliminados” por su último consumidor. Ahora la responsabilidad pasa al fabricante.
3. La exigencia sobre los residuos y los envases residuales hará que los proveedores incorporen las ofertas a sus clientes por la retirada de los envases de sus productos, o de los subproductos residuales de su utilización.

Dentro de este segundo aspecto se propone una definición de Logística que integre claramente la función directa y la función inversa en cuanto al concepto de Logística de residuos y productos fuera de uso, por lo que apoyándose en la definición de **Rogers y Tibben-Lembke**(1999), se puede definir la Logística como *“el proceso de planificación, desarrollo y control eficiente del flujo de materiales, productos e información desde el lugar de origen hasta el de consumo de manera que se satisfagan las necesidades del consumidor, recuperando el residuo obtenido y gestionándolo de tal manera que sea posible su reintroducción en la cadena de suministro, obteniendo un valor añadido y/o una adecuada eliminación del mismo”*.

La recuperación económica de los materiales fuera de uso generará, por tanto, un flujo de materiales y productos desde el consumidor hasta el productor, para lo cual deberá desarrollarse un Sistema Logístico Inverso (SLI) capaz de manejar eficientemente dicho flujo inverso. La función inversa de la logística permitirá lograr este objetivo y con ello contribuirá a generar ventajas competitivas de carácter sostenible.

Esto permite conseguir a su vez una reducción importante del consumo energético, una disminución de la extracción de materias primas naturales o una disminución de los residuos enviados a los vertederos con todos los inconvenientes que éstos están generando actualmente.

Este problema, a priori industrial, se ha convertido en los últimos años un tema social que preocupa tanto a los representantes políticos como a la sociedad en general, por tanto, esta situación está llevando a las organizaciones empresariales a plantearse la forma de cerrar el ciclo de vida de sus productos.

Finalmente, sobre el **aprovechamiento de capacidades**, ya se ha comentado que se enfrenta a una serie de dificultades prácticas como:

1. Si se intenta transportar residuos, esto excluye en la práctica a los vehículos de carga general, y a la carga en sí, por lo que no se puede nunca optimizar flotas a través de incorporar estos servicios
2. Si se intenta mezclar recogidas en las rutas de reparto, tiene la dificultad propia de que los productos a recoger no tienen ya interés para su propietario, así que la fiabilidad y preparación de las recogidas está entre nula y negativa.

Por tanto, se puede concluir que la Logística Inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, destrucción, reacondicionamiento de los productos, productos obsoletos e inventarios estacionales.

Como consecuencia de todo lo anterior es que en los próximos años la Logística Inversa va a suponer una importante revolución en el mercado empresarial y, muy probablemente, se convertirá en uno de los negocios con mayores perspectivas de crecimiento.

Por eso, es necesario integrar la Logística Inversa dentro del resto de la cadena, provocar sinergias con la logística directa y llegar a acuerdos de nivel de servicio entre el operador y el cliente para llevar a cabo la logística inversa con garantías. Los flujos de retorno de los productos suelen tener unos costes elevados, principalmente a causa de la gran capilaridad, de la manipulación adicional que supone y de los controles de calidad que supone y de los controles de calidad que deben pasar los productos retirados.

1.2.4 La Logística Inversa en la Gestión de Residuos Peligrosos

La globalización económica, la reglamentación y continua regulación y estandarización en la industria, el desarrollo de infraestructura, los avances tecnológicos y la sostenibilidad del medio ambiente están obligando a las empresas a replantearse la forma de hacer negocios, así como a buscar nuevos enfoques para mantener y ampliar su presencia en el mercado. Las nuevas estrategias empresariales que pasan por la racionalización en las operaciones de fabricación y producción, así como en el lanzamiento de iniciativas para servir nuevos mercados, con nuevos productos y nuevos conceptos ecológicos, muestra de ello este Congreso Internacional de Seguridad Agroalimentaria.

Teniendo en cuenta todos los procesos, procedimientos y a la introducción de una legislación medio ambiental exigente que obliga a los fabricantes a efectuar control, trazabilidad y metrología para sus productos y elevar el nivel de protección del medio ambiente, surge la proyectiva disciplina de la Logística Inversa o Reversa, entendida como la renovación reciclaje y recogida de productos, envases y embalajes, para minimizar el impacto en el ambiente y la salud de las finanzas empresariales.

La Logística Inversa gestiona el retorno de los productos al final de la cadena de abastecimiento en forma efectiva y económica. Su objetivo es la recuperación y reciclaje de envases, embalajes, desechos y **residuos peligrosos**; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Se adelanta a la declinación del ciclo de la vida útil del producto, con objeto de mercados de mayor rotación.

El término de Logística Inversa no se utiliza solo para hacer referencia al papel de la logística en el retorno del producto, sino que también se refiere a la reducción en origen, el reciclado, la reutilización de materiales, la sustitución de materiales, la eliminación de residuos y desperdicios, la reparación y a la re manufacturación de los mismos. Su introducción ha sido el resultado de la creciente conciencia medio ambiental en los países industrializados, que lleva a plantearse los problemas de la recogida de residuos y de productos o componentes usados y su reciclaje.

La logística inversa se propone como objetivo estratégico económico, agregar valor económico, el cual crea valor y diferenciación de las compañías. Sus conceptos aceptan los nuevos retos empresariales de competitividad y responsabilidad social empresarial, frente a la ecología.

Los objetivos de la logística Inversa han evolucionado desde el análisis de las devoluciones durante toda la cadena hasta establecerse como una estrategia propia de la empresa, como se muestra en la figura 5.

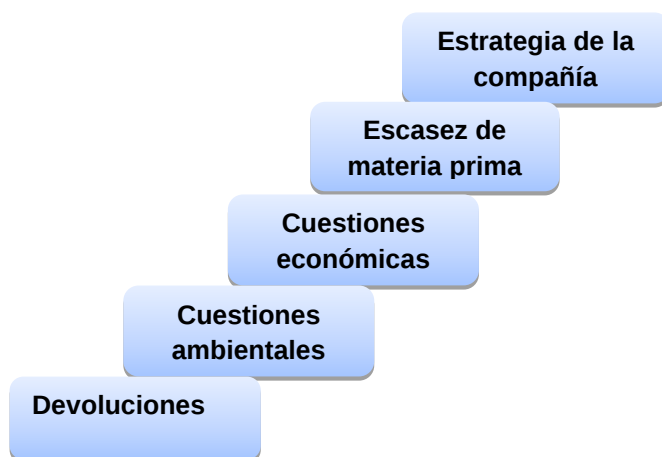


Figura 5: Evolución de los objetivos de la Logística Inversa. **Fuente:** Basilio Balli Morales

Durante este proceso de evolución la logística inversa ha pasado desde las cuestiones ambientales, económicas, escasez de materias primas hasta la una estrategia solida de la empresa donde se coordinan todos los elementos y condiciones necesarias para dar cumplimiento durante el periodo definido.

De esta transformación del enfoque de gestión en la empresa surgen las razones para aplicar una logística inversa como son:

- Cumplimiento de la legislación ambiental.
- Beneficios Económicos: disminución en los costos de producción, ahorros en compra de materias primas, etc.
- Recuperación de materias primas difíciles de conseguir.
- Servicio al cliente y garantías.
- Responsabilidad Social.
- Ventaja competitiva

Aunque este cambio incluye asumir varios retos importantes a nivel empresarial como son:

- **En las materias primas:** debe ser factible recuperarlas y reprocesarlas.
- **En el diseño de sus productos:** pues no solo se exigirá fácil procesamiento y ensamble, sino, facilidad de desensamble, (diseño para el desensamblaje).

- **Los procesos de planeación y procesamiento** deben permitir la combinación de materia prima virgen, con material reciclable.
- **La programación de producción:** debe manejar el alto grado de variabilidad de los productos en sus diferentes, factores: cantidad, disponibilidad, oportunidad de suministro, etc.
- **En el manejo de inventarios:** surgen, además de los problemas anteriores, el de la alta posibilidad de deterioro u obsolescencia, por el tiempo y las condiciones de almacenaje.
- **En el mercado:** se abrirán nuevas oportunidades y nichos.(Mercados Verdes)

Lo esperable es que las mercaderías fluyan desde los proveedores hacia los puntos de consumo satisfaciendo a los clientes y generando el mayor ingreso posible. Por lo tanto no deberían existir devoluciones.

En un sentido estricto, la logística de inversa ni debiera existir (desde el punto de vista de las devoluciones, desde el punto de vista medioambiental). Es un mal necesario (**es la medicina**) y por tanto la logística reversa o inversa es un compromiso de todos para lograr la sostenibilidad de la humanidad.

Los desechos peligrosos son aquellos provenientes de cualquier actividad y en cualquier estado físico que, por la magnitud o modalidad de sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o cualquier otra, representen un peligro para la salud humana y el medio ambiente.

El manejo, conocido también como gestión logística de los desechos peligrosos abarca todas las operaciones que se pueden realizar con los mismos, una vez que han sido generados. Estas son: recolección, tratamiento o eliminación, transporte, el cual contempla la importación y la exportación, almacenamiento o confinación y disposición final.

La situación actual de muchos países es la acumulación de cantidades apreciables de desechos peligrosos, algunos de los cuales no cuentan ni con adecuadas condiciones de confinamiento, en espera de disponer de los recursos financieros necesarios para su solución definitiva.

1.3. Situación ambiental cubana relacionada con los desechos peligrosos.

En la Estrategia Ambiental Nacional 2011-2015 y el Programa Nacional de Lucha Contra la Contaminación del Medio Ambiente 2008-2015 se reconocen los principales problemas ambientales del

país, considerando aquellos de mayor impacto y que tienen lugar en la más amplia escala nacional, tomando en cuenta, entre otros factores:

1. Afectación de áreas significativas, por su dimensión y/o valores, del territorio nacional.
2. Impacto producido en las áreas densamente pobladas.
3. Afectaciones a la salud y la calidad de vida de la población.
4. Impactos en la seguridad alimentaria.
5. Efecto sobre los ecosistemas y los recursos biológicos.
6. Otros impactos económicos y sociales.
7. Los recursos y procesos sobre los que se producen con mayor fuerza los impactos del cambio climático.

Aunque los principales problemas ambientales del país tienen una compleja y dinámica interrelación, y afectan la cantidad y calidad de nuestros recursos naturales en su vínculo con el desarrollo económico y social, se reconoce a los DESECHOS PELIGROSOS como uno de ellos.

El manejo inadecuado de los desechos peligrosos constituye un motivo de especial preocupación, debido a su incidencia directa en el incremento de los peligros y riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

La situación en Cuba se caracteriza por la generación anual de más de un millón de toneladas de desechos peligrosos, una buena parte de los cuales no reciben un tratamiento adecuado. Existen toda una serie de dificultades que conllevan a un inadecuado manejo de los desechos peligrosos. El grado de obsolescencia tecnológica, la insuficiente aplicación de enfoques preventivos, la deficiente cobertura de tratamiento y disposición final y el insuficiente nivel de aprovechamiento de los desechos, inciden significativamente en el aumento de los volúmenes y peligrosidad de estos contaminantes.

Por otra parte, la carencia de una infraestructura nacional para llevar a cabo servicios centralizados de tratamiento y disposición final de estos desechos constituye una importante limitación para la aplicación de posibles alternativas de solución a los diferentes problemas identificados en el país.

Otros factores que inciden negativamente son los limitados recursos materiales y financieros para la ejecución de acciones encaminadas a la solución de esta problemática, así como la insuficiente disponibilidad de recursos humanos debidamente capacitados para desarrollar las actividades

vinculadas al manejo de productos químicos y desechos peligrosos, lo que puede conllevar a cometer indisciplinas tecnológicas conducentes a situaciones de alto riesgo.

La situación en el ámbito nacional se caracteriza en lo fundamental por lo siguiente:

- Existencia de acumulaciones dispersas de desechos peligrosos;
- Insuficiente infraestructura nacional para el tratamiento y disposición final de desechos peligrosos en general;
- Insuficiente infraestructura y limitaciones en los mecanismos nacionales existentes para el acceso e intercambio de información sobre desechos peligrosos;
- Carencia de mecanismos nacionales orientados al desarrollo de servicios ambientales vinculados a la gestión de desechos peligrosos;
- Limitada capacidad para el desarrollo de evaluaciones y comunicación de riesgos asociados al manejo de productos químicos de interés e insuficiente incorporación de la evaluación de riesgos a los procesos de toma de decisiones nacionales;
- Insuficiente disponibilidad de recursos financieros para la ejecución de acciones vinculadas al tratamiento y disposición final de desechos químicos y otros desechos peligrosos;
- Deficiente manejo de los desechos peligrosos hospitalarios;
- Insuficiente nivel de sensibilización de la población e instituciones a todos los niveles, con relación a la temática.

En adición a los elementos señalados con anterioridad, se incluyen otros de carácter subjetivo como: el bajo nivel de identificación de sus responsabilidades en la solución de la problemática existente por parte de los actores involucrados; la insuficiente incorporación de la misma en el proceso de elaboración de los planes de la economía a nivel sectorial; el predominio de un enfoque correctivo en las soluciones planteadas para los problemas existentes y la ausencia de un enfoque integral para abordar los mismos.

1.3.1 Fortalecimiento del marco legal sobre desechos peligrosos

Para enfrentar el manejo de los desechos peligrosos, se han realizado diferentes acciones que se mencionan a continuación:

La Ley 81 de Medio Ambiente de 1997 establece con respecto a los desechos peligrosos, que será obligatorio someter a la consideración del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA),

a fin de que se efectúe el proceso de evaluación de impacto ambiental correspondiente, los nuevos proyectos de obras o actividades que se relacionan en la ley, entre las que se incluyen las instalaciones destinadas al manejo, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos. Esto aparece debidamente establecido en la Resolución 77 de 1999 del CITMA que es el Reglamento para la realización del proceso de evaluación de impacto ambiental.

En el Capítulo IV de la Ley relacionado con los desechos peligrosos y radiactivos, se establece en el Artículo 153 que la importación de desechos peligrosos y radiactivos requiere de la previa y expresa autorización del CITMA que requerirá para su otorgamiento que la importación se realice en correspondencia con las recomendaciones internacionales y las regulaciones nacionales vigentes y se prevea su aplicación socialmente justificada.

Por su parte, el Artículo 154 manifiesta que el tráfico ilícito de desechos peligrosos será sancionado de conformidad con lo establecido en la legislación vigente.

Finalmente, el Artículo 155 plantea que corresponde al CITMA, en coordinación con los órganos y organismos competentes, establecer las normas relativas a la clasificación, manejo y exportación de los desechos peligrosos.

Lo que se establece en este capítulo queda debidamente implementado mediante la Resolución 87 de 1999 y su complementaria la Resolución 53 del 2000, ambas del CITMA.

La Resolución 87 establece las regulaciones para el ejercicio de las funciones de la Autoridad Nacional y Punto de Contacto del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación y otras Disposiciones para la gestión ambientalmente racional de estos desechos, ya que Cuba es Parte de este Convenio desde 1992.

En esta Resolución se establecen las definiciones de:

Almacenamiento: toda operación conducente al depósito transitorio de los desechos peligrosos y otros desechos, en condiciones que aseguren la protección al medio ambiente y a la salud humana;

Colector: el que tiene a su cargo la recolección de desechos peligrosos y otros desechos;

Desechos peligrosos: todas aquellas sustancias, materiales u objetos generados por cualquier actividad que, por sus características físicas, biológicas o químicas, puedan representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana y que pertenecen a cualquiera de las categorías incluidas en el

Anexo 1 de la presente Resolución que forma parte integrante de la misma, excepto en los casos en que no presente ninguna de las características que para esas sustancias, materiales u objetos se relacionan en el Anexo 3 de esta propia Resolución y que también forma parte integrante de la misma;

Disposición: acción de ubicación final de los desechos peligrosos y otros desechos;

Eliminación: toda operación conducente al cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los desechos peligrosos y otros desechos, a fin de procurar su inocuidad y que no incluye otras operaciones, tales como el reciclado y la reutilización;

Generador: toda persona cuya actividad produzca desechos peligrosos u otros desechos o, si esta persona es desconocida, la persona que esté en posesión de esos desechos y los controle;

Lugar o instalación aprobada: es el lugar o la instalación de eliminación previamente aprobada a tal efecto mediante la autorización correspondiente;

Manejo: la recolección, transportación y eliminación de los desechos peligrosos y otros desechos, incluida la vigilancia de los lugares de eliminación;

Manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos o de otros desechos: conjunto de medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana, contra los efectos nocivos que puedan derivarse de tales desechos;

Movimiento transfronterizo: todo movimiento de desechos peligrosos o de otros desechos procedentes de una zona sometida a la jurisdicción nacional de un Estado y destinados a una zona sometida a la jurisdicción nacional de otro Estado, o a través de esta zona con otro destino, o a una zona no sometida a la jurisdicción nacional de ningún Estado, o a través de esta zona con otro destino, siempre que el movimiento afecte a dos Estados por lo menos;

Otros desechos: las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder y que pertenecen a cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo 2 de esta Resolución que forma parte integrante de la misma;

Recolección: la recogida, incluido el almacenamiento transitorio en un lugar o instalación aprobado, de desechos peligrosos y otros desechos, incluso los generados en pequeñas cantidades en el territorio nacional;

Transporte: el movimiento de los desechos peligrosos u otros desechos, desde el lugar en que son generados hasta su llegada a un lugar o instalación de eliminación o almacenamiento aprobado;

Transportista: toda persona natural o jurídica que ejecute el transporte de desechos peligrosos o de otros desechos.

La Resolución también establece en su Artículo 5 que las entidades generadoras procurarán la recuperación y el reciclaje ya sea por sus propios medios o a través de las entidades especializadas correspondientes.

En su Artículo 6 plantea que toda entidad estatal o privada, persona natural o jurídica, nacional o extranjera radicada en el territorio nacional que recoja, transporte, disponga, almacene, elimine o exporte desechos peligrosos, fuera del perímetro de la unidad generadora, deberá solicitar a la Autoridad Ambiental correspondiente: Centro de Inspección y Control Ambiental(CICA) o Delegaciones Territoriales del CITMA, un permiso general para la ejecución de la actividad en cuestión, cuyos términos y condiciones serán establecidos atendiendo a la actividad de que se trate y a las características de los desechos a fin de garantizar su manejo racional.

En el Artículo 9 se establece que las entidades que manejen desechos peligrosos dentro de su perímetro elaborarán planes de manejo que serán aprobados y controlado su cumplimiento por la Autoridad Ambiental competente.

En su Artículo 10 manifiesta que la Autoridad Ambiental competente controlará que los generadores tomen las medidas pertinentes destinadas a la utilización de los principios de Producción Más Limpia que reduzcan la generación de residuos.

Aunque aparece explícitamente el concepto de Producción Más Limpia, se considera que en el futuro deberá formularse de manera más precisa, estableciendo la obligatoriedad del empleo de la misma.

El Artículo 11 establece la obligatoriedad de tributar la información requerida para el inventario nacional anual de los desechos peligrosos generados. Su incumplimiento constituye una contravención ambiental, según el Decreto Ley 200 de 1999 de Contravenciones en materia de Medio Ambiente, en el que aparece un acápite dedicado a los desechos peligrosos, así como las sanciones correspondientes.

El Artículo 12 obliga a las instituciones y entidades que generen, transportan, almacenan o eliminan desechos peligrosos a informar a la Autoridad Ambiental competente acerca de cualquier accidente que

ocurra durante la ejecución de sus actividades dentro de las 24 horas siguientes, reportando las características, magnitud y medidas adoptadas de inmediato.

En el Artículo 16 se prohíbe la importación de desechos peligrosos y otros desechos cuando el objetivo de la importación sea la disposición final de estos desechos.

Es importante señalar que en Cuba son considerados desechos peligrosos los que establece el Convenio de Basilea.

El control del cumplimiento de la legislación vigente se realiza fundamentalmente a través de las Inspecciones Ambientales Estatales que realizan los inspectores ambientales debidamente certificados por el CITMA, generalmente de conjunto con cuerpos de inspectores de otros organismos del Estado cubano.

Para el fortalecimiento de los recursos humanos se han impartido por el CICA, durante varios años cursos, conferencias y seminarios sobre el tema a profesionales del CITMA y de otros organismos.

Se han realizado también talleres nacionales de intercambio de experiencias.

Se ha participado en talleres internacionales, difundiendo posteriormente a nivel nacional las experiencias obtenidas en los mismos. Debe destacarse la amplia divulgación que a nivel nacional ha realizado el CICA de las Directrices Técnicas no vinculantes desarrolladas por el Convenio de Basilea para el manejo de diferentes tipos de desechos peligrosos y otros desechos, tales como: desechos derivados del desmantelamiento de barcos, desechos médicos, desechos de computadoras, desechos de Contaminantes Orgánicos Persistentes, aceites usados, neumáticos usados, plásticos, desechos de baterías de plomo y desechos de solventes orgánicos.

Igualmente, de las Directrices elaboradas sobre diferentes operaciones de eliminación y disposición final: incineración, tratamientos físico- químico y biológico y rellenos sanitarios de seguridad. También, de las Directrices sobre características de peligrosidad: desechos infecciosos, Ecotóxicos, etc.

Estas Directrices difundidas desde su etapa de elaboración, han permitido incrementar los conocimientos sobre el tema aún cuando no se dispongan en el país de las tecnologías que las mismas describen.

1.3.2 Propuestas e implementación de soluciones a problemas específicos

Se han creado grupos de trabajo multidisciplinario presididos generalmente por el CITMA con la participación de los organismos que son principales generadores, para enfrentar la solución de los problemas más urgentes. Pueden citarse los siguientes:

1. Recolección y uso de aceites usados.

Como se mencionó anteriormente, este es uno de los principales desechos generados en Cuba, no contando actualmente con tecnologías para regenerarlos y refinarlos para su utilización nuevamente. Esta alternativa no se descarta en un futuro.

El trabajo de este grupo permitió establecer un conjunto de indicaciones metodológicas para la tramitación y aprobación de los permisos para la recolección y el uso de aceites usados, así como definir los usos posibles para el mismo.

Dichas indicaciones establecen su uso como combustible, autorizando la incineración de los aceites usados en los hornos de Clinker de las fábricas de cemento, los de las fábricas de vidrio u otros, en los que se alcancen temperaturas superiores a los 1000 ° C.

El Monitoreo óptimo que deben realizar las entidades que incinerarán los aceites usados, debe incluir:

- Los parámetros de combustión de forma continua: opacidad, CO, HC totales, Temperatura y O₂
- Con frecuencia al menos mensual: HCL, CO₂, NO_x y SO₂
- Periódicamente: dioxinas y furanos y metales pesados.

Este monitoreo se deben iniciar al menos 6 meses antes de comenzar la incineración de los aceites para tener una línea base y deben mantenerse durante un año después de iniciada la incineración de los mismos. Sus resultados serán presentados al CICA para su análisis y evaluación con vistas a adoptar las posibles medidas correctoras de impactos negativos que se detecten y para el rediseño de los parámetros y frecuencia de muestreo, en función de los resultados obtenidos, con vista a optimizar los recursos. Lo antes referido, no excluye la posibilidad de que se haga un análisis de cada caso y se apruebe un monitoreo más flexible, por parte de la Autoridad Ambiental.

2. Incineración de desechos peligrosos provenientes de hospitales y de otras instalaciones de salud.

Se realizó un intenso trabajo de análisis de ofertas y evaluación que permitió arribar a la propuesta realizada que se encuentra en ejecución. Dicha propuesta establece el sistema de recolección, transportación, tratamiento y disposición final que recibirán estos desechos, comenzando su implementación en la capital y se extenderá en un futuro a todo el país. El financiamiento requerido ha sido aportado por el Estado cubano.

3. Tratamiento y disposición final de medicamentos vencidos.

En el país existe una situación complicada con el manejo de los desechos compuestos por medicamentos u otros generados por la atención médica, debido a la carencia de instalaciones adecuadas para su tratamiento y disposición.

Muchos desechos de medicamentos y de productos químicos utilizados en la asistencia médica, así como de los generados por la industria médico farmacéutica, son peligrosos, es decir, pueden ser tóxicos, corrosivos, inflamables, explosivos, citotóxicos y genotóxicos.

Los desinfectantes constituyen un grupo especialmente importante de sustancias químicas peligrosas, ya que se utilizan en grandes cantidades y suelen ser corrosivos.

El grupo de trabajo presidido por el CICA elaboró lineamientos de trabajo que adaptan lo establecido en las Directrices Técnicas del Convenio de Basilea a las posibilidades reales del país, con vistas a ir resolviendo de una manera adecuada los problemas que se han ido acumulando, lo cual no significa renunciar a adoptar las mejores soluciones que se establecen en las mencionadas directrices, cuando sea posible.

En la esfera internacional, Cuba ha defendido sistemáticamente en todos los foros ambientales el principio del derecho que nos asiste a los países en desarrollo de contar con los recursos financieros, técnicos y humanos necesarios para resolver los problemas que ocasiona el manejo inadecuado de los desechos peligrosos, recalcando que la mayor parte de los recursos financieros y técnicos deben provenir de los países desarrollados.

Dentro de las acciones futuras a desarrollar por el país para la minimización de los residuos peligrosos se encuentran:

1. Continuar fortaleciendo del **Marco Legal**:

Aunque el marco legal existente ha sido efectivo, se considera que la elaboración de una norma jurídica de mayor rango que integre todos los elementos asociados al manejo de desechos peligrosos incluyendo la prevención de posibles desastres considerando los elementos de riesgo debidos a diversos factores, tales como los fenómenos naturales y otros, es conveniente. Se considera que debe ser un Decreto Ley.

2. Potenciar el empleo de los **principios de la Producción Más Limpia**:

Aunque en el país se ha avanzado en este sentido, se debe incrementar lo realizado, lo que permitirá minimizar la generación de desechos peligrosos. Debe destacarse el papel fundamental que la capacitación debe jugar en este empeño.

3. Proponer e **implementar soluciones específicas** para el manejo de baterías de plomo, mediante la creación de un grupo de trabajo.
4. Continuar **realizando acciones para lograr sustituir la tecnología actual** con celdas electrolíticas con cátodo de mercurio de la Planta Cloro Sosa ubicada en Villa Clara.

Ya se ha emprendido por parte de dicha empresa, el análisis de factibilidad económica y la búsqueda de opciones tecnológicas.

5. Continuar **defendiendo en la arena internacional**, la necesidad de que se garantice para los países en desarrollo, el acceso a recursos financieros para la transferencia de tecnologías idóneas hacia nuestros países o para la realización de operaciones de eliminación en otros países, lo que permitirá resolver los viejos problemas acumulados. Dicho en otras palabras: hacer que aquellos que son los mayores generadores de desechos peligrosos y que en el pasado y aún hoy los transfieren hacia los países en desarrollo, al menos transfieran en condiciones favorables para nuestros países, las tecnologías idóneas para su eliminación.

Solo con la solución de los problemas acumulados y la prevención de nuevos problemas que impacten negativamente el medio ambiente, sin que ello implique renunciar a desarrollarnos, podremos hacer que la sostenibilidad no sea una bella quimera.

1.4. Conclusiones del Capítulo 1

De los análisis bibliográficos realizados sobre los temas tratados en este capítulo se han arribado a las conclusiones siguientes:

- Muchas actividades productivas o de servicios generan de residuos peligrosos, se estima que más 400 millones de toneladas al año de la cual el 90% se corresponde a los países industrializados aunque estos dan una rápida respuesta, con las trasnacionales muchos de estos residuos se han trasladado a los países del tercer mundo.
- En cuba se genera más del millón de toneladas anuales, pero pese a la carencia de tecnologías adecuadas y limitaciones de carácter económico, la voluntad política y la integración de esfuerzos de todos los actores involucrados se están realizando un conjunto de acciones destinadas a manejar adecuadamente los desechos peligrosos que genera.
- La logística inversa ha irrumpido con gran fuerza en los últimos años en las esferas científica, técnica y académica, con un doble objetivo final: intentar obtener el máximo valor posible de los productos retornados y minimizar de forma clara el potencial impacto ambiental de la eliminación de residuos.
- El destino final de los residuos debe determinarse de tal forma que se maximice, en sentido amplio, la rentabilidad que del mismo se pueda obtener, o en caso contrario, que minimice el impacto social y ambiental que genere.
- Esta logística tiene como objetivos el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de productos y la información relacionada con los residuos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen, con el propósito de recuperar valor o asegurar su correcta eliminación.
- El diseño de estrategias de logística inversa y las consideraciones sobre el impacto ambiental de la eliminación y el reciclaje de los productos al final de su vida útil dan lugar a un cambio en los criterios del diseño y en los procesos industriales.
- Para la disposición final de los desechos peligrosos, uno de los métodos más utilizados es el de confinamiento para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente y el daño a la sociedad.

Capítulo 2: Aspectos generales sobre el Proyecto Confinatorio y sus necesidades.

2. Introducción

En este capítulo se realiza una descripción del Proyecto Confinatorio, sus antecedentes, generalidades, partes y áreas que integran un confinamiento de residuos peligrosos, premisas y objetivos. Además se realiza un análisis de los procedimientos utilizados en otros países y en Cuba. Se realiza una descripción de cada una de las etapas del procedimiento propuesto y sus herramientas para implementarlo.

2.1 Antecedentes del Proyecto Confinatorio de Residuos Peligrosos

Por el incremento en la acumulación de desechos y productos peligrosos caducados y ociosos, el antiguo MINBAS comenzó la búsqueda de una solución al problema a nivel nacional. En el 2004 se trabajó en dos proyectos liderados por la Unión Eléctrica y la participación de diferentes organismos y entidades del país titulados “*Delfín*” y “*Girasol*”. Estos proyectos estuvieron dirigidos en un caso a determinar las tecnologías y factibilidad, del procesamiento, conservación, recuperación y reciclado de los desechos y productos químicos, farmacéuticos y patogénicos peligrosos, y en otro a la creación de un centro para el almacenamiento, procesamiento, conservación prolongada, recuperación y reciclado de los desechos y productos químicos, farmacéuticos y patogénicos peligrosos, ambos proyectos empleando las edificaciones disponibles de la Central Electronuclear de Juraguá, provincia de Cienfuegos.

Fundamentalmente por razones económicas, no fue posible en los 7 años que han transcurrido materializar el proyecto, empleando las edificaciones de la exCEN de Juraguá como Confinatorio.

A finales del año 2010 se decidió que el Grupo Empresarial de la Industria Química (GEIQ) se hiciera cargo de impulsar el Proyecto de Confinamiento de Desechos Peligrosos a escala nacional y esta entidad designó a la Empresa SERVIQUÍMICA como responsable del mismo. A su vez en el cuarto trimestre del 2011 contrató al CIIQ para realizar un “Estudio de Organización de la Etapa Pre inversión del Proyecto Confinatorio”, más tarde solicitó al CIIQ los Estudios Técnicos Económicos de la Inversión incluyendo la Tecnología y Proyectos.

Debido a las características tóxicas y en general peligrosas, de los productos a confinar fue necesaria que SERVIQUIMICA contratara al Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (CIMAB), entidad certificada para este tipo de trabajos y recomendada por CICA (CITMA) para que estudiara y recomendara técnicamente el manejo de las sustancias de las sustancias peligrosas seleccionadas.

2.2 Generalidades

La disposición final (confinamiento) es el proceso de aislar y confinar, los desechos y productos químicos peligrosos caducados u ociosos, en forma definitiva en lugares especiales, seleccionados y diseñados y debidamente autorizados para evitar la contaminación y daños a la salud humana y al ambiente.

Para caracterizar un desecho peligroso es necesario conocer su toxicidad, reactividad, corrosividad e inflamabilidad pues desde el punto de vista práctico, hay demasiados compuestos, productos y combinaciones de productos.

Con esta información se puede evaluar los efectos sobre la salud humana, la vida en la tierra, ríos, mares y ambiente en general, lo que permite determinar un mejor método de manejo, almacenamiento y disposición de los mismos.

Como resultado de lo anterior, se debe identificar los sitios y crear las instalaciones aceptables para la eliminación o confinamiento de tales desechos.

2.3 Descripción del Proyecto de Confinatorio de Residuos Peligrosos en la exCEN

La Empresa SERVIQUÍMICA del antiguo MINBAS solicita un área para Confinatorio de Desechos Peligrosos en la Provincia de Cienfuegos, en las instalaciones que iban a conformar la Central Electronuclear. A nivel nacional se evaluaron tres variantes para el Confinatorio: Las Tunas, el macizo del Escambray y la exCEN, considerándose esta última como la de mejores condiciones.

La generación de desechos peligrosos a nivel mundial continúa siendo una problemática en crecimiento, de la que nuestro país no está exento. En Cuba existe un gran volumen de desechos peligrosos que se generan en las industrias, laboratorios, instituciones de la salud y científico-técnicos, en entidades de servicio y otros. Estos se encuentran distribuidos por todo el territorio, cercanos a ecosistemas, asentamientos poblacionales y otras zonas vulnerables constituyendo un gran riesgo de contaminación.

La solución definitiva, que incluye el tratamiento y disposición final no está resuelta, siendo el almacenamiento en condiciones seguras y factibles una de las variantes consideradas.

La exCEN se encuentra en total estado de abandono siendo necesario realizar primero una limpieza completa de todas las áreas que se encuentran ocupadas por escombros y diferentes tipos de desperdicios, para después poder ejecutar la rehabilitación y acondicionamiento y así realizar los depósitos con seguridad y eficiencia.

El Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano del Municipio de Cienfuegos elaborado en el año 2001 y aprobado por el Acuerdo número 8 del CAP, en proceso de autorización y en el Plan de Ordenamiento Petroquímico aprobado en Reunión Nacional de Acuerdos en diciembre del 2009, destinan esta área para el uso industrial, ya que las instalaciones que se utilizarán se construyeron inicialmente para una central nuclear.

La zona se localiza en el Municipio de Cienfuegos, a 3.0km al oeste del Asentamiento Urbano Castillo de Jagua, en las instalaciones que conformaban la CEN. Presenta un relieve de terraza marina con una altimetría de 15.0 a 20,0 m sobre el nivel medio del mar. Las pendientes poco inclinadas de 0.3%. Es una zona muy poco diseccionada siendo el escurrimiento superficial de forma laminar hacia la costa. La Geología representada por la Formación Güines carbonatada y terrígena carbonatada ya ha sido tratada en la construcción y por lo tanto tiene excelente resistencia mecánica. El suelo y la vegetación original sustituidos por la urbanización. El clima del territorio es Tropical semi-húmedo de zonas costeras con dos estaciones bien definidas, una lluviosa (Mayo-Octubre) y otra seca (Noviembre- Abril), que se corresponde con los dos períodos térmicos.

Se rehabilitarán tres edificaciones de la antigua CEN como son el Reactor Nro.1, el Edificio Especial y el Edificio Socio-administrativo. Ello incluirá la limpieza completa de todas las áreas, que se encuentran

ocupadas por escombros y diferentes tipos de desperdicios. Rehabilitación (eléctrica, ventanas, puertas, ascensores, escaleras, etc.) del reactor, del edificio especial y del edificio socio administrativo. Suministro de energía eléctrica y agua. Restitución de accesos. Remodelación de locales y áreas para la manipulación y confinamiento según características del surtido a confinar. Instalación de equipamiento (módulos de estantería, de carga fraccionada según los envases), bombas, tanques, sistemas de ventilación, etc., para la conservación de los desechos y productos caducados. Sistema de protección física (cercado perimetral) del área designada con garita de control de acceso y alarmas. Sistema de protección contra incendios. Aterramiento y pararrayos. Transporte y medios de izaje y manipulación para la brigada de carga, manipulación y acarreo de los desechos peligrosos y los productos químicos caducados. Almacenaje de envases y medios de protección y reserva de los mismos para un período de operación adecuado. Medios de trabajo (muebles, archivos e informática, bancos de trabajo, estanques de herramientas, herramientas para trabajos de mecánica y eléctrica) para el personal de mantenimiento, técnico y de oficina.

2.3.1 Partes y áreas que integran un confinamiento de residuos peligrosos

Una vez seleccionado y autorizado el lugar adecuado para el confinamiento, el siguiente paso es la ejecución del proyecto educativo, el cual consiste en presentar a nivel de detalle los estudios preliminares descritos anteriormente.

Accesos

El camino de acceso que une el sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable todo el tiempo con un ancho de 8.00 m como mínimo y estar en buenas condiciones de seguridad. El sitio debe localizarse a una distancia no menor de 500 metros de las vías de comunicación federal o estatal.

Área de espera

Deberá contar con el espacio suficiente para el estacionamiento de los vehículos que transporten residuos peligrosos y requieran esperar su turno.

Área de residuo

Esta área está destinada a recibir el manifiesto enviado por la industria generadora del residuo; así como, para pesar la cantidad de material que se va a confinar.

Caminos

Los caminos serán de dos tipos, exteriores e interiores. Los caminos exteriores deben ser del tipo permanente, para garantizar el tránsito a todo tipo de vehículo que acuda al confinamiento en cualquier época.

Si por algún motivo, ya sea por requerimientos de carga, de diseño y volumen de tránsito de los camiones, se hace necesaria la colocación de una carpeta asfáltica, esta superficie deberá estar definida por el trazo del camino incluyendo cortes y terraplenes. Para recibir la carpeta se deberá construir lo siguiente:

- Una sub-base con un espesor mínimo de 12 cm formado de material neutral, ya sea producto de la excavación o explotación de bancos de materiales.
- Una base con espesor de 12 cm de grava controlada y arena compactada al 95% mínimo.

A su vez los caminos interiores deben facilitar la doble circulación de vehículos que transporten los residuos peligrosos, ser de tipo temporal o permanente y suficiente en número para dar acceso a la celda de operación.

Cerca perimetral y de seguridad

La cerca perimetral del confinamiento deberá construirse con alambre de púas de 5 hilos de 1.50 m de alto a partir del nivel del suelo.

La cerca de seguridad para zonas restringidas del confinamiento deberán ser de malla tipo ciclónica de 5 cm de separación, soportada con postes de tubos galvanizados de dos pulgadas de diámetro, colocadas a una separación máxima de tres metros entre sí y con una altura mínima de 2.50 m.

Área de control administrativo

Se propone un pequeño centro de control administrativo, a la entrada de la planta de confinamiento. Este edificio, contendrá las oficinas correspondientes a gerencia, contabilidad y control de documentación.

Todos los archivos, registro, y reportes de operación se mantendrán en esta oficina.

Laboratorio

El laboratorio, tendrá capacidad para pruebas de identificación simples; su principal función, es la de vigilar que los residuos que se reciben no contengan sustancias no compatibles, tales como solventes, que pudiesen dañar las membranas de polietileno.

Por lo que deberá contar con los dispositivos y equipo necesario para la toma de muestreos, verificar la composición y características de peligrosidad de los residuos así como para realizar los análisis de lixiviados y pruebas de campo.

Para los fines de diseño y construcción del laboratorio se deben reunir las siguientes condiciones:

- Localizarse fuera del área administrativa y de las celdas de confinamiento.
- Contar con extracción de aire.
- Iluminación a prueba de explosión.
- Pisos antiderrapantes y sellados.
- Mesa de trabajo con instalación eléctrica.
- Materiales de construcción no inflamables.
- Tarja de acero inoxidable.
- Tanque de resección de agua para lavado de equipos.
- Regadera de emergencia.
- Lavajojos.
- Cuarto de albergue de gases para análisis.
- Múltiple con cinturón para sujeción de cilindros.
- Estantería para el almacenamiento de reactivos.
- Campana de extracción con flujo laminar.
- Área de instrumentos.

Área de almacenamiento

La función de este almacén será temporal, ya que se almacenaran los residuos antes de pasar al área de confinamiento, cuando sea necesario el tratamiento previo o no haya celda disponible.

Esta área deberá contar con una capacidad mínima de 7 veces el volumen promedio de residuos peligrosos que diariamente se reciben y estibar como máximo tres recipientes de 200 litros, así como contar con los compartimientos suficientes para la separación de los residuos, según sus características de incompatibilidad y estar techada con material no inflamable y contar con equipo contra incendios.

Área de limpieza

Está destinada para el aseo de vehículos de transporte, equipos y materiales utilizados en la operación del confinamiento. Para su diseño y construcción se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Estar ubicadas cerca de las áreas de confinamiento y lejos del área administrativa.
- Contar con iluminación suficiente.
- Estar dotada con equipo de agua y aire a presión.
- Tener pisos con acabado rugoso y juntas estructurales debidamente selladas a la losa de desplante.
- Tener instaladas en los pisos canaletas y rejillas con pendiente de un 2% para conducir los líquidos a un depósito con capacidad suficiente para captar los líquidos que se generen.

2.3.2 Premisas y objetivos del proyecto Confinatorio

El proyecto de la creación de un Confinatorio se fundamenta en las siguientes premisas:

- Instalación del Confinatorio en el Edificio de la exCEN(Especial, Administrativo y del Reactor).
- Inventario de desechos, productos caducados y ociosos realizados por el CITMA en el año 2009.
- Selección de los productos a confinar por su situación, volumen, importancia en afectaciones al hombre y al medio ambiente, según acuerdo del GEIQ, antiguo MINBAS y CITMA.
- Limitar el trabajo a la transportación, envase y confinamiento seguro de los productos seleccionados sin analizar tecnologías para la recuperación, concentración o neutralización de los desechos y productos peligrosos caducados u ociosos.
- Debido a la inexistencia de planos constructivos reales y precisar los locales aptos para el confinamiento, del edificio Especial y del Reactor, el estudio propone una tecnología general aplicable a la manipulación, transportación y confinamiento, que solo será precisada, una vez que

se creen las condiciones necesarias para que el CIIQ realice los levantamientos de ambas edificaciones.

- Propuesta de medidas de seguridad en el transporte, manipulación, señalización y confinamiento fundamentada en las incompatibilidades de las sustancias seleccionadas, las posibilidades de los edificios de la exCEN y las normas nacionales e internacionales.

Además este proyecto persigue dentro de sus principales objetivos los siguientes:

- Precisión de los productos a confinar. Características de los desechos, componentes primarios, contaminantes.
- Definición de los volúmenes de desechos a confinar, ubicación, estado de conservación y almacenamiento.
- Tecnología de reembolso en los sitios actuales de almacenamiento y en el Confinatorio
- Tecnologías de transportación y manipulación segura de los desechos, equipamiento principal necesario, inversiones imprescindibles en el sitio para su manipulación, carga y traslado.
- Características y métodos de confinamiento para cada tipo de desecho y productos químicos peligrosos, ociosos y caducados.
- Propuesta de locales y niveles del reactor de la exCEN a utilizar, por tipo de desecho, como confinamiento en la primera etapa de operación (hasta confinar los desechos y productos ociosos y caducados seleccionados acumulados en el país hasta el presente).
- Servir de base al Proyecto Tecnológico y Constructivo y al Estudio Técnico Económico de la inversión.

Los tipos de desechos, productos químicos peligrosos ociosos y caducados seleccionados, objetos del Estudio son los siguientes:

1. Fluidos dieléctricos con contenido de askareles (PCB).
2. Solución residual con contenido de arsénico.
3. Lodos galvánicos
4. Plomo.
5. Desechos de cianuros.

6. Productos químicos peligrosos ociosos y caducados con contenido de plomo, cianuros, vanadio, estroncio, cadmio. Cromo, mercurio y arsénico.
7. Vanadio. Pentóxido de vanadio y otros productos con vanadio.
8. Desechos de lámparas de mercurio.
9. Rellenos de cerámica contaminados con arsénico.

Es de destacar que en el presente Estudio se trabaja con los inventarios de las principales entidades que generan los mayores desechos y consumen productos químicos en el país (MINDUS, MINEM, MINAGRI, MINAL, MINFAR, MININT, MINSAP, MINCIN, MITRANS, CITMA), pero no están incluidos organismos que también operan con productos químicos peligrosos como son el MES, AZCUBA, MED y entidades de la pesca y otros, por tanto es necesario realizar en el 2013 una actualización del Inventario Nacional por su incidencia en el proyecto del Confinatorio.

El problema de grandes y voluminosos equipos tecnológicos contaminados con arsénico, en las desactivadas plantas de Sulfometales y de amoníaco de Cienfuegos y Matanzas por sus características no pueden ser confinados en la exCEN y su solución final es responsabilidad de las empresas propietarias.

El Estudio tiene el propósito establecer los modos seguros y eficaces para operar a nivel nacional un Confinatorio en Cienfuegos, en las instalaciones de la exCEN, garantizando la conservación segura de desechos, productos químicos caducados y ociosos peligrosos seleccionados, existentes en el país y se generen en los próximos años, eliminando las acumulaciones y evitando la contaminación del medio ambiente y afectaciones a la salud de la población.

Para cada producto se realizará un Estudio de Tecnologías independiente y cada uno de ellos elaborará y desarrollará el siguiente contenido:

- Definición del problema. Volúmenes actuales e incrementos previstos para los próximos años.
- Caracterización y toxicidad del producto.
- Condiciones exigidas de seguridad y protección del local o nicho de confinamiento incluyendo (si fuese necesario) “medios de almacenamiento”.
- Condiciones comprobadas (buena, regular o mala) de conservación y almacenamiento (por cada sitio existente) explicando la puntuación propuesta.

- Cantidades del producto por sitio, provincia y empresa o entidad (denominación y dirección exacta).
- Incompatibilidades del producto.
- Sistemas de protección del personal
- Esquema tecnológico propuesto para la manipulación en los sitios de conservación y almacenaje, envase, transportación y confinamiento. Seguridad y comunicaciones.
- Personal y calificación de los mismos (de un equipo o grupo de trabajo)
- En los casos necesarios sistema de tratamiento necesario y conveniente para viabilizar el confinamiento (trituración, compactación u otros).
- Características (dimensiones, materiales, sistemas de tapado, hermeticidad y cierre) de los envases (contenedores) que se utilizarían para las operaciones propuestas. Cantidades necesarias para la operación de un grupo de trabajo en un año)
- Equipamiento tecnológico necesario para las operaciones (transporte, envase, carga, tratamiento si fuese necesario, etc.)
- Equipamiento de seguridad necesario para la proyección del personal en las operaciones de carga, manipulación, transporte, tratamiento. Trajes protectores, calzado, guantes, sistemas de suministro de aire, filtros, botiquín de primeros auxilios,
- Descripción de los equipos y medios, características generales, capacidades, fabricantes, precios indicativos de todos los equipos propuestos.
- Condiciones logísticas y legales de operación necesarias para cada embarque y transportación según las normas y reglamentos nacionales e internacionales.
- Análisis necesarios para confirmar las características de los productos. Procedimientos analíticos recomendados, frecuencia de análisis en cada uno de los sitios actuales de almacenaje.

2.4 Procesos de Gestión Logística de Residuos o Desechos Peligrosos

2.4.1 Análisis de los procedimientos Existentes

En el análisis de los procedimientos, metodologías, guías o planes de manejo integral de residuos peligrosos, se revisaron 15 ejemplos y propuestas, algunas nacionales otras internacionales, que desde

Capítulo 2: Aspectos Generales

el Convenio de Basilea(1989) han surgido por la necesidad de disminuir la generación y existencia de estas sustancias que pueden agredir al medio ambiente y al ser humano.

No.	Procedimiento, metodología, guía o Plan de Manejo	País y autores
1	Convenio Europeo sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación.	Convenio de Basilea 1989. Entró en vigor en 1994.
2	Plan de Manejo de Residuos Peligrosos en Chile.	Proyecto de Colaboración CONAMA/GTZ Gobierno de Chile y Alemania. 2005
3	Metodología de diseño de la cadena de Suministro Inversa.	Tesis de Doctorado Ing. Francis Hevia Lanier LA HABANA. 2008
4	Plan de Manejo de Residuos Peligrosos en la Universidad de Concepción de Colombia	Universidad de Concepción, Colombia. 2009
5	Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos de la Universidad de Caldas	Universidad de Caldas, Colombia. 2013
6	Procedimiento General de Residuos Peligrosos	Instituto Tecnológico de Minatitlán. México. 2011
7	Instructivo de trabajo ambiental para la gestión de residuos peligrosos generados en CORPAC S.A.	CORPAC S.A. Lima. Perú. 2008
8	Procedimiento: Gestión Integral de Residuos Peligrosos en los Laboratorios	Universidad de Burgos. México
9	Manual de Gestión de Residuos Peligrosos de la Universidad Complutense de Madrid (MGRP)	Universidad Complutense de Madrid
10	Procedimiento: Gestión Integral de Residuos Peligrosos en los Laboratorios	Universidad Nacional de Colombia
11	Metodología para el confinamiento de sustancias peligrosas	Proyecto de curso de Araelvis Solano Torres. 2014
12	Propuesta de sistema de logística inversa para el sector hospitalario: un enfoque teórico y práctico en Colombia	Rodrigo A. Gómez Montoya Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. 2014
13	Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. 2010
14	Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos. Tomo I y Fichas Temáticas. Tomo II.	Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. 2005
15	Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos. 2012 - 2016	Centro Administrativo Distrital. Bogotá Colombia. 2012

En la gran mayoría de estos procedimientos, metodologías, guías o planes de manejo integral de residuos peligrosos que se han consultado se definen con claridad los objetivos para tener bajo control y seguimiento la generación y surgimiento de aquellos desechos que pueden en un momento dado atentar contra la salud del ser humano y del ambiente donde se desarrolla.

Además todos de una forma u otra establecen un conjunto de pasos, o etapas, a ejecutar para lograr alcanzar dichos objetivos, dadas las condiciones actuales para las cuales fueron previstos.

Según el Convenio de Basilea las Bases fundamentales para la elaboración e implementación de cualquier Plan de Gestión de Residuos Peligrosos se deben considerar los tópicos siguientes: (M. S. ing. Q. J. Martínez et al., 2005)

1. Desarrollo de Planes y Programas
2. Bases para la reglamentación de residuos peligrosos
3. Vigilancia, control y seguimiento
4. Indicadores de gestión
5. Instalación de infraestructura adecuada para la gestión
6. Participación ciudadana y aspectos sociales
7. Ordenamiento territorial

Plan de Manejo de Residuos Peligrosos desarrollado en Chile por el Proyecto de Colaboración CONAMA/GTZ Gobierno de Chile y Alemania fue creado para el control de los desechos o residuos peligrosos empezando en las empresas generadoras de estos. Con el objetivo de análisis los procesos productivos donde se generan para buscar soluciones que disminuyan su creación y lograr una involucración de sus productores en el plan de manejo de sus residuos. (Proyecto Chile)

En Cuba se analizó una propuesta de una tesis de doctorado donde se presenta el diseño de una cadena de suministro para gestionar residuos que pudiera ser aplicado a cualquier empresa cubana, además sugiere las herramientas a emplear para cada una de las etapas del procedimiento propuesto. (Tesis de Doctorado)

En la etapa de **diagnóstico** se analiza la **situación actual de la entidad, las pérdidas, los residuos, desechos, las entradas al sistema**. Además propone la evaluación del impacto ambiental utilizando como herramientas las **listas de chequeo y el Método ABC**.

En la etapa dos se analizan las **fuentes de generación** para ello se debe realizar un análisis de las **fuentes de emisión y los volúmenes que se generan**, de los **clientes potenciales** y cuales son todas las alternativas a analizar para pasar a la etapa siguiente, es un tiempo de recopilación de información a través de registros fundamentalmente y **evalúa qué impacto genera dicha fuente la medio ambiente** para determinar **forma de almacenamiento y recepción**.

En la etapa tres se **Clasifican los residuos**: En esta fase se evalúa el residuo teniendo en cuenta diferentes criterios.

En la etapa cuatro se realiza la **Identificación de la estrategia a seguir**: Se determina cuál es la estrategia en cuanto al **tratamiento** que debe seguir el residuo o desecho, es decir, con un grupo de especialistas y consultando todas las **normativas existentes** que rigen en el país y a nivel internacional, y haciendo un **análisis de los costos que genera dicha decisión** se propone sí **reciclar, reutilizar, canibalizar, restaurar entre otras alternativas**, ya sea utilizando la propia entidad o con servicios de terceros.

En la etapa cinco se realiza la **Determinación del tratamiento o destino**: Una vez identificada la estrategia a seguir se realiza el **tratamiento decidido o se pasa al destino final**.

La etapa seis es la de **Transporte y Almacenamiento**: Las operaciones de recogida y transporte de los residuos **representan entre el 60 y el 80% de los costos globales**, y tiene, en consecuencia, una gran importancia económica. En estas operaciones confluyen un conjunto de parámetros como la **frecuencia de la recogida, los horarios** de la misma, **los equipos y el personal de recogida**.

En esta fase es de vital importancia determinar las **rutas de recogida**, frecuencia de recogida, **condiciones de transportación** y determinar la alternativa o alternativas más económicas teniendo en cuenta los costos asociados a dicha gestión.

La frecuencia de recogida depende del tipo de residuo y de la magnitud de generación de entidad, los horarios son establecidos a conveniencia y por acuerdo de los centros involucrados, pero siempre fuera

del horario de trabajo o sin interferir en el funcionamiento de la entidad con los equipos y personal especializados para evitar contaminación.

La etapa siete es la de **Medición y Control**: Esta última etapa es de gran importancia ya que permite tener un **control riguroso en cada una de las etapas**, evaluar las mismas a través de **indicadores** y plantear diferentes **alternativas de solución** en cada momento.

Este procedimiento tiene también como ventaja que ha sido utilizado en distintas organizaciones cubanas como son el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas (ERMP) y Almacenes Universales, S.A (AUSA).

Dentro de las principales desventajas identificadas en este procedimiento se encuentra que no se exige de un análisis de los incrementos previstos anuales de residuos, no se pide una segregación o separación de los mismos en los almacenes o a la hora de ser trasladados de acuerdo a sus incompatibilidades, ni se plantea nada con respecto a etiquetado, señalizaciones, medios de manipulación, plan de capacitación, plan de contingencia, envasado, medios de protección, manifiestos de carga, inspecciones, no se mencionan los sistemas de seguridad del residuo al estar almacenado, debieron explicar todos los tratamientos posibles, además de diseñar un plan para sí la empresa desee exportar el residuo, se pueden poner más indicadores. Dentro de las estrategias de tratamiento posible no conciben el Confinamiento de los residuos como una alternativa de solución viable para algunos desechos dadas sus características que no permiten ser tratados o destruidos.

Del resto de los ejemplos y experiencias analizadas tampoco se identificaron ninguna que pudiera adaptar o adecuarse las condiciones del proyecto de Confinatorio que se ha explicado en epígrafes anteriores.

Por tal razón se propone establecer o diseñar un procedimiento nuevo para lograr la gestión integral de todos los residuos peligrosos identificados en el país para ser confinados y establecer la estrategia de tratamiento final.

2.5 Procedimiento para la Gestión Logística de Residuos Peligrosos en Cuba.

La creación de un procedimiento para la gestión logística de los residuos peligrosos existentes en Cuba radica en la necesidad de tener bajo un sistema de control certificado y consolidado todas aquellas sustancias que puedan representar algún peligro o daño al medio ambiente.

Como se ha mencionado anteriormente en el país se han cuantificado más de un millón de toneladas de residuos peligrosos que se encuentran diseminados por muchas empresas localizadas en todo el territorio nacional, dadas las características de los procedimientos analizados anteriormente ninguno se adapta a las condiciones y necesidades actuales de dicho proyecto. Por ello se propone diseñar un procedimiento adaptado a las condiciones y necesidades actuales del país, el cual cuenta con las etapas y pasos siguientes que se muestran en la Figura 6.

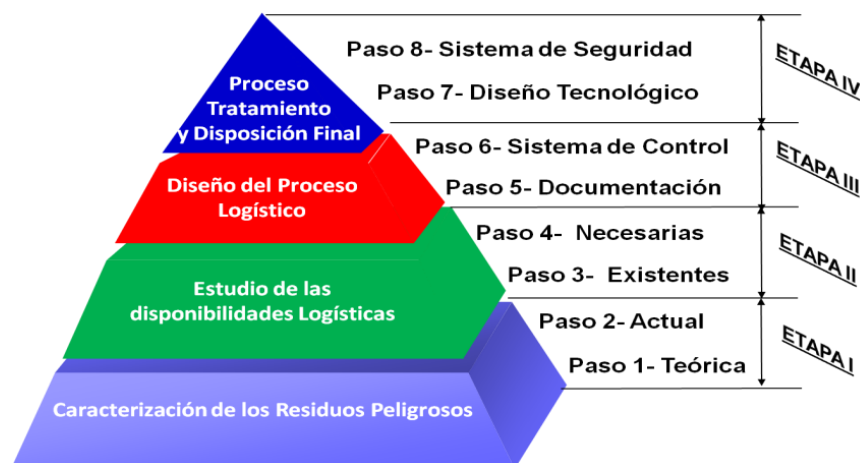


Figura 6: Procedimiento diseñado para la recolección de los Residuos peligrosos en Cuba. **Fuente:** Elaboración propia.

Para el desarrollo de este procedimiento o metodología se deben conocer y estudiar un conjunto de procedimientos, métodos y herramientas, las cuales se irán mencionando y describiendo en cada etapa y paso propuesto según se necesite. (Ver Anexo 6).

2.5.1 Etapa I: Caracterización de los Residuos.

Esta etapa consiste en la identificación de las características generales del residuo, considerando las características teóricas y actuales del residuo, a través de los pasos siguientes:

○ **Paso 1-Caracterización Teórica:**

En este paso se deben definir las características y propiedades fundamentales del residuo. Para su desarrollo deben conocerse las definiciones establecidas en las distintas regulaciones y normas, como es el ejemplo del Convenio de Basilea para la clasificación y señalización de los residuos, así como las resoluciones establecidas para nuestro país. **(Ver Anexo 1 y 2).**

Para lograr definir todas las características del residuo además de revisar toda la documentación que regula y norma su tratamiento, se propone la creación de una Ficha Informativa del Residuo, en la cuales se agrupen todos los aspectos y elementos que se necesitan conocer de dicha sustancia, así como aquellas informaciones que faciliten las operaciones de manipulación y medidas de seguridad para proteger la salud de los trabajadores y de la sociedad. **(Ver Anexo 7 y 8).**

Dentro de las características y aspectos más relevantes de la ficha informativa propuesta para el residuo se encuentran las siguientes:

1.	Nombre del Residuo: Se refiere al nombre oficial del residuo mediante el cual es reconocido a nivel internacional. Se pueden colocar otros nombres con los cuales se reconoce el residuo.
2.	Formula Química: Expresión físico-química mediante la cual se representa el residuo. En esta expresión debe reconocerse las iniciales del residuo y demás sustancias que lo componen.
3.	Clasificaciones: Consiste en señalar la clasificación o identificador que se la asignado al residuo según todas las distintas regulaciones, resoluciones y normas, tanto nacionales como internacionales.
4.	Toxicidad: Define el grado de daño que puede ocasionar el residuo a los seres humanos y al resto de los seres que habitan el medio ambiente.
5.	Incompatibilidades: Consiste en definir y señalar las contradicciones posibles a ocurrir de poner en contacto el residuo con alguna otra sustancia o en determinadas condiciones específicas.
6.	Envase y embalaje: Se refiere a la posibilidad de crear o asignar un posible método de envase y embalaje del residuo dadas sus características y propiedades, para ser manipulado y almacenado.
7.	Riesgos asociados al Residuo: Consiste en identificar los riesgos asociados a las actividades que se van a desarrollar con el residuo, así como en los posibles contactos durante su manipulación.
8.	Precauciones: Se refiere a definir las precauciones a considerar en las actividades a desarrollar con el residuo con el objetivo de proteger al personal, y el medio ambiente, así como para prevenir la ocurrencia de los riesgos identificados.

9.	Medios de Protección: Se refiere a los diferentes medios y actividades de protección propuesta a realizar para que no ocurran sucesos o accidentes que pongan en peligro la vida del personal, así como para minimizar la ocurrencia de los riesgos identificados y no afectar el medio ambiente.
10.	Tratamiento y Disposición Final: Consiste en definir con la mayor cantidad de detalles posibles el procedimiento propuesto para desarrollar el tratamiento y disposición final del residuo, en el cual se describan las actividades y los parámetros o tecnología requerida.

La ACGIH, Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), ha publicado varias propuestas de hojas informativas por residuos donde se recopilan un amplio conjunto de datos, características y otras informaciones que permiten mantener orientada a la población en general de cómo actuar ante la situación de exposición a sustancias peligrosas. (**Ver Anexo7**)

El objetivo fundamental de este instrumento radica en servir de guía de orientación e instrucción para evitar y preparar al personal ante la ocurrencia de accidentes o sucesos que dañen su salud o el medio ambiente.

○ **Paso 2- Caracterización Actual:**

En el segundo paso del procedimiento propuesto se persigue desarrollar una caracterización de la situación actual del residuo, la cual comprende las actividades donde se describen las desde los posibles modos o flujos de generación o adquisición del residuo, pasando por la identificación y localización de los puntos donde se generan o almacenan en la actualidad, hasta definir las cantidades de residuos inventariadas por los productores o receptores.

Para el desarrollo de este paso pueden utilizarse los diagramas de flujos o de representación de procesos para describir el modo u operaciones de generación, a través del cual llega el residuo al lugar donde se almacena. Es importante señalar los lugares por donde ha pasado y las posibles transformaciones que puede presentar el residuo durante el transcurso del periodo que se describe.

Para realizar la identificación de los diferentes puntos de generación o almacenamiento se pueden consultar el Inventario de Residuos del CITMA como organismo que centra y controla dicha información en el país, según las resoluciones establecidas. En este documento además se pueden cuantificar los volúmenes de residuos peligrosos que se localizan en cada punto de generación o almacenamiento.

Como resultante de este paso deben elaborarse y definir los Modos o flujos de generación, las Matrices de Distancias (*en kilómetros*) e Inventarios de Residuos (*en Kilogramos, metros cúbicos o Litros*), que caracterizan las entidades empresariales donde se generan o almacenan en el país, como se muestra en la tabla ejemplo siguiente:

	Confinatorio	Entidades Empresariales					Inventarios (Kg, m3 o Lts)
		Emp. 1	Emp. 2	Emp. 3	...	Emp. n	
Emp. 1	9		18	10	...	100	2000 Lts
Emp. 2	14	18		24	...	30	1700 m3
Emp. 3	21	10	24		...	45	1400 Kg
...	...	...	...	...		...	...
Emp. n	23	100	30	45	...		1800 Kg

Además de este inventario que presenta el CITMA pueden obtenerse otras características actuales del residuo que describan los aspectos y condiciones del envase, embalaje y almacenamiento, e incluso las personas o los medios pertinentes para establecer comunicación en caso necesario con la entidad donde se localiza. Estos elementos permiten establecer una planificación de las condiciones a enfrentar en la manipulación de los residuos cuando se inicie el proceso de recolección.

2.5.2 Etapa II: Estudio de las disponibilidades Logísticas

En esta etapa se describen y analizan las disponibilidades logísticas, entre existentes y necesarias, para garantizar el desarrollo de todas las operaciones. Además se describen de manera general las especificaciones fundamentales del esquema tecnológico logístico necesario, así como un balance entre las capacidades de almacenamiento existentes y necesarias.

○ Paso 3- Disponibilidades Logísticas existentes

En este paso del procedimiento se procede a realizar una evaluación de los medios y condiciones existentes para efectuar un balance de las capacidades necesarias para confinar el residuo designado.

Dentro de los medios o equipos que se necesitan definir en este paso se encuentran:

- Medios de Contención o Unitarizadores.
- Medios o Equipos de Manipulación.

- Medios o Formas de Almacenamiento.
- Medios o Equipos de Transporte.
- Capacidad de Almacenamiento.

El **medio de Contención o Unitarizadores** es aquel elemento diseñado con el propósito de agrupar cargas, similares o no considerándolas de esta forma como un todo único en los procesos de transportación y almacenamiento adaptados para la mecanización de las operaciones de carga y descarga.

Mientras que **la Forma de almacenamiento**, consiste en la manera y el medio que se utiliza para lograr la colocación más racional de los medios unitarizadores o materiales del área de almacenamiento logrando aprovechándola al máximo, y facilitando el acceso necesario a todos los surtidos.

Los **Medios o Equipos de Manipulación** representan otro elemento vital dentro de la **tecnología de almacenamiento**, que se utilizan para realizar las actividades de manipulación de materiales, las cuales pueden ser de variadas formas aunque las más comunes son:

- Descargas de los equipos de transporte.
- Carga de los equipos de transporte.
- Transportación horizontal entre procesos y entre áreas.
- Elevación de los productos.

Los **Medios de Transporte** por su parte, se refieren a todos aquellos vehículos, que van a servir de soporte material para la circulación de los residuos desde los puntos de generación hasta el centro de confinamiento. En esta primera etapa del proyecto del Confinatorio solamente se utilizará el transporte automotor, es decir, camiones pero a medida que se incrementen los volúmenes y diversidad de residuos pueden involucrarse otros modos y medios de transporte según las disponibilidades y las medidas de seguridad a cumplir.

En cuanto a las **capacidades de almacenamiento** existentes se refiere a determinar las cantidades de volúmenes de residuos que pueden ser almacenados en las instalaciones designadas y que depende fundamentalmente de las dimensiones (Largo, Ancho y Altura) de los mismos.

Para determinar estas capacidades se pueden utilizar los procedimientos existentes para diseñar instalaciones para el almacenamiento de productos entre los que se destacan la tecnología de almacenamiento de Torres Gemeil (2004) y el procedimiento para el diseño automatizado de almacenes. (Brito Brito 2011).

Como resultados de este paso se deben definir los medios o equipos existentes en el proyecto para desarrollar las operaciones logísticas y con ellos cuantificar la capacidad de almacenamiento que se dispondrá en el Confinatorio.

- **Paso 4- Disponibilidades Logísticas necesarias**

En este paso al igual que en el anterior se trabaja sobre la determinación de las disponibilidades logísticas, con la diferencia que ahora se relaciona la situación actual del residuo y las disponibilidades existentes para establecer las necesidades reales que exigen el residuo.

En este paso se utilizan los datos del Inventario de Residuos Peligrosos del CITMA para determinar los medios o equipos necesarios para las actividades de manipulación, almacenamiento y transporte:

- Medios y Formas de Almacenamiento.
- Medios o Equipos de Manipulación.
- Medios o Equipos de Transporte.
- Capacidad de Almacenamiento.

Para determinar estos elementos se puede utilizar **Tecnología de Almacenamiento**, que según Torres Gemeil, (2004) es el conjunto de conocimientos y procedimientos técnicos de los almacenes, donde se integran los conocimientos, documentos, medios, equipos, entre otros, poniendo en función de lograr las actividades que se realizan en el almacén, para que el mismo cumpla su objetivo; logrando una interrelación armónica entre las operaciones de carga, descarga y transporte interno, los sistemas de almacenamiento, la mecanización y automatización de los trabajos de índole operativo-organizativo, los medios y métodos para la conservación de los productos.

La **tecnología de almacenamiento** agrupa los diferentes elementos que se tratan indistintamente por diferentes autores como: Conejero y Gutiérrez. A partir de sus criterios se puede plantear que la misma puede utilizarse para:

- Fijación de las características técnico- constructivas.

- Secuencia de pasos a seguir desde que llega el material al almacén, hasta que sale del mismo.
- Ubicación y localización de productos. Flujos de cargas en el almacén.
- Selección y cálculo de la cantidad de los medios y Formas de Almacenamiento.
- Selección y cálculo de la cantidad de los equipos de manipulación.
- Distribución en planta del almacén.

Al finalizar estos métodos solamente falta determinar las rutas a recorrer para recoger los residuos almacenados en cada empresa ubicada en el territorio nacional.

2.5.2.1 Modelo para las Rutas de recorridos de los residuos en el confinamiento.

Consiste en la identificación o estimación de los Inventarios de Residuos por localización, provincia y empresa o entidad, así como la determinación del volumen actual de los mismos y su coeficiente de generación en el tiempo. Como resultados se debe diseñar las rutas de recolección a seguir y el tiempo necesario para su implementación, así como determinar la capacidad mínima de almacenamiento para concentrar todo el inventario identificado.

Para darle solución a este problema de las rutas se utiliza un método heurístico (*Modelo de las Margaritas*), el cual permite obtener una solución que optimice los costos de empleados para obtener un conjunto de rutas o recorridos que deben establecerse para un parque dado de medios de transporte, designados para atender a cierto número de empresas. (Lemaire 1971)

La problemática en este proyecto debe interpretarse como que se tiene un conjunto de clientes (empresas con residuos) a los cuales quiere acceder desde un centro de distribución o también de recogida, hacia donde serán trasladados los productos, generando para ellos un conjunto de rutas mediante las cuales se accede a los clientes definidos, como se muestra en la figura 7.

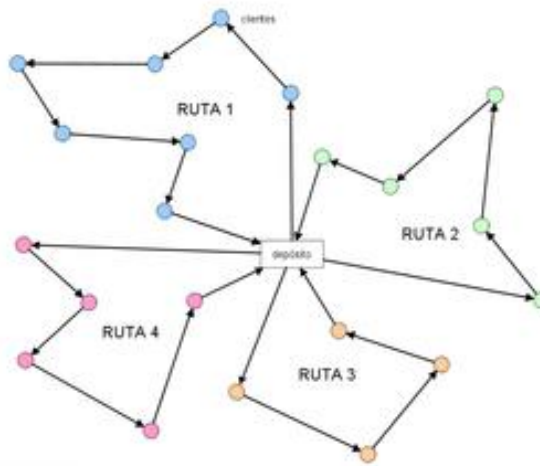


Figura 7: Modelo ejemplo del método de las margaritas para determinar las rutas a recorrer.

Otros autores también lo denominan como el problema de rutas de vehículos (VehicleRoutingProblem - VRP), en el cual realmente se engloba todo un amplio conjunto de variantes y personalizaciones de problemas. Desde aquellos más sencillos hasta algunos mucho más complejos que incluso hoy en día son materia de investigación.

Los problemas de rutas de vehículos (VehicleRoutingProblem - VRP) tratan determinar el conjunto de rutas de una flota de vehículos para dar servicio a un conjunto de clientes. Este tipo de problemas es de los más importantes, y de los más estudiados dentro de los problemas de optimización combinatoria. Dantzig y Ramser fueron los primeros en introducir este tipo de problemas en 1959, cuando describieron una aplicación real concerniente a la distribución de gasolina para estaciones de servicio. Además se propuso una formulación matemática del problema, y una aproximación algorítmica. Unos años después, Clarke y Wright aportaron una propuesta de algoritmo voraz (greedy algorithm) que mejoraba la aproximación algorítmica de Dantzig y Ramser. A partir de estos dos trabajos iniciales, ha surgido toda una fértil línea de investigación y desarrollo que ha crecido mucho en los últimos años.

En la actualidad existen varias soluciones informáticas que permiten resolver este tipo de problemas. Este gran interés en este tipo de problemas se deriva por un lado en el sentido práctico de su aplicación en problemas reales, y por otro lado en la gran complejidad de este tipo de problemas.

Los problemas de unos 50 clientes pueden ser resueltos mediante métodos y formulaciones exactas, sin embargo, los problemas de mayor complejidad sólo pueden ser resueltos de manera óptima en algunos

casos particulares, dada su gran complejidad numérica. Su aplicación es visible y de gran importancia para la resolución de problemas reales en la Dirección de Operaciones y Logística. Por ejemplo: problemas de preparación de pedidos en un almacén (picking), de rutas de vehículos, planificación de transporte urbano, planificación de recogida de residuos o de aprovisionamiento, problemas de reparto o distribución, sistemas de navegación GPS, planificación de movimientos de robots, vehículos auto guiados (AGV), etc.

El Problema CVRP básico trata de determinar los recorridos de k vehículos de capacidad C_k que partiendo de un origen común deben pasar por un conjunto de lugares de interés (clientes) para recoger o distribuir mercancías según una demanda d_i , y volver de nuevo al origen de manera que la distancia total recorrida (el coste o el tiempo empleado) por el conjunto de vehículos sea mínima. En el tipo de problema más sencillo no se tiene en cuenta el horario de entrega o recogida en cada lugar de interés (ventanas horarias).

A partir de este problema básico aparecen todo un conjunto de extensiones o particularizaciones. Por ejemplo, la función objetivo podría ser:

- minimizar el número total de vehículos (o conductores) requeridos para dar servicio a todos los clientes.
- minimizar los costes fijos asociados con el uso de los vehículos (o los conductores)
- minimizar el coste total de transporte (coste fijo más variable de la ruta)
- balancear las rutas, por tiempo de viaje o carga de vehículo
- minimizar las penalizaciones asociadas para un servicio parcial a los clientes

A continuación se muestra el modelo completo del problema:

$$\min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} \sum_{k=1}^K x_{ij}$$

Para un conjunto i, j de nodos, se expresa la función objetivo que intentará minimizar el coste total de todos los arcos recorridos en la solución, la cual está sujeta a las restricciones siguientes:

$$\sum_{k=1}^K y_{ik} = 1 \quad i \in V \setminus \{0\}$$

$$\sum_{k=1}^K y_{0k} = K$$

$$\sum_{j \in V} x_{ijk} = \sum_{j \in V} x_{jik} = y_{ik} \quad \forall i \in V, k = 1 \dots K$$

$$\sum_{i \in V} d_i y_{ik} \leq c_k \quad \forall k = 1 \dots K$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \notin S} x_{ijk} \geq y_{hk} \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, h \in S, k = 1 \dots K$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in V, k = 1 \dots K$$

$$y_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in V, k = 1 \dots K$$

La variable binaria x_{ijk} indica si el vehículo k tendrá una ruta utilizando el arco ij . Mientras, la variable binaria y_{ik} indica si el nodo i con demanda d_i será atendido por el vehículo k con capacidad c_k . Como se puede ver en la primera restricción cada nodo cliente deberá ser atendido únicamente por un vehículo (en el problema básico CVRP). En cambio del nodo origen 0 pueden partir todos los vehículos K de la flota. A continuación aparecen las restricciones de continuidad donde el vehículo que llegue a un cliente deberá también partir desde él. Tan sólo faltan las restricciones de capacidad: la demanda atendida por un vehículo (suma de d_i) no debe exceder su capacidad c_k . En el

caso en que todos los vehículos tengan la misma capacidad, los valores C_k serán iguales. Por último aparecen condiciones de Miller y Tucker, y la definición de variables binarias.

Como datos iniciales del modelo se necesita la matriz de distancias desde el origen hasta cada uno de los puntos o nodos, y entre cada uno de estos. Además debe definirse la matriz de inventarios o demandas de cada, las cuales deben completarse con el vector de las capacidades de los medios de transporte.

2.5.3 - Etapa III: Diseño del Proceso Logístico

Con la etapa anterior se accede a otro nivel superior del procedimiento para definir y describir las operaciones y recursos involucrados en el proceso logístico necesario desarrollar para recolectar todos los residuos ubicados por todo el territorio nacional.

Los pasos a desarrollar en esta etapa del procedimiento son:

- Paso 5: Documentación del Proceso
- Paso 6: Sistema de Control

Para solucionar ambos pasos definidos se propone utilizar el procedimiento para el diseño sistemas de control de gestión por procesos, **Brito Brito (2009)**, el cual permite implementar el control de la gestión por procesos, garantizando a la organización de una manera muy simple realizar una valoración de los aspectos cualitativos y cuantitativos de sus procesos fundamentales con una visión preventiva y prospectiva, el cual se muestra en la figura 8.

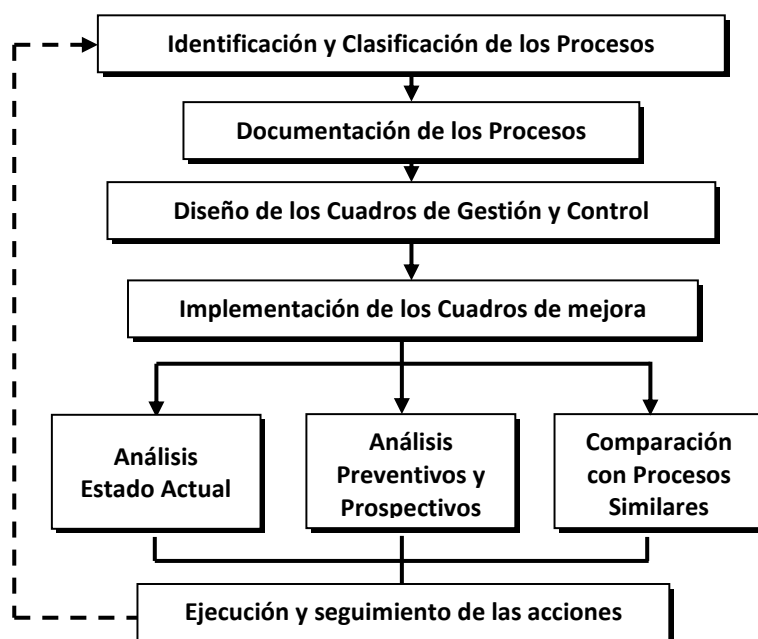


Figura 8: Procedimiento para diseñar sistemas de Control de Gestión por procesos. **Fuente:** Brito Brito, 2009.

Este procedimiento mantiene la filosofía de mejora continua y ha sido comprobado con éxito en otras organizaciones, tanto productivas como de servicios. En la selección de este procedimiento se tuvieron en cuenta las etapas del proceso clásico de control, así como se vinculan con los enfoques modernos de gestión por procesos y de mejora continua del desempeño de los procesos generales de la organización.

Además para garantizar la seguridad del proceso se propone un procedimiento basado en el ciclo gerencial básico de Deming, elaborado por Villa y Pons Murguía (2006) y luego adaptado y aplicado en el proceso de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Hotel Jagua por Pérez Hernández (2010) tomando criterios de diferentes instituciones y estándares tales como: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2006); Instituto de Estudios e Investigaciones del Trabajo (IEIT), (2006) y NC 18001: 2005. En la Figura 9 se muestra la secuencia de pasos que sigue el mismo.

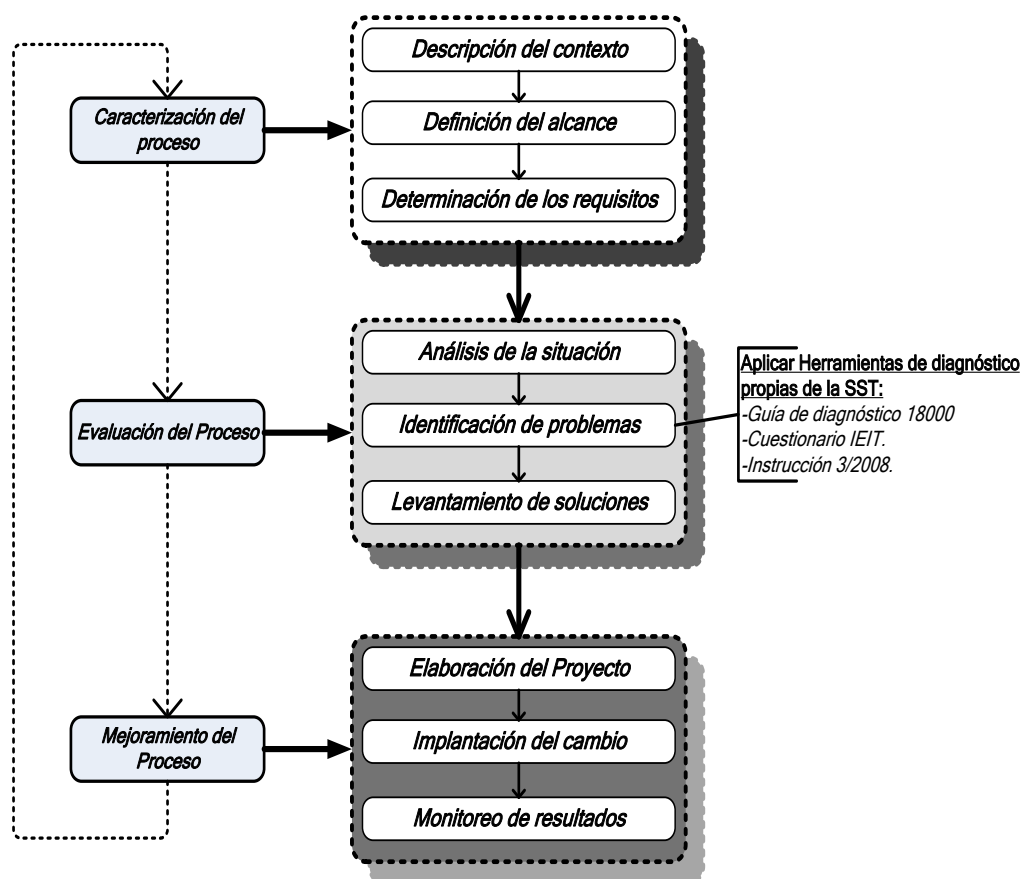


Figura9: Secuencia de pasos del Procedimiento para la Gestión por Procesos. **Fuente:** Villa González del Pino y Pons Murguía (2006), Pérez Hernández (2010).

Mediante el cual se mantiene el enfoque de gestión de procesos, específicamente en el proceso de Gestión de la Seguridad y Salud del Trabajo en el Confinatorio.

Además este procedimiento se organiza en tres etapas básicas: caracterización, evaluación y mejora del proceso, cada una de ellas con su correspondiente sistema de actividades y herramientas para su diseño y ejecución. (**Ver Anexo 9**).

La adecuada implantación del procedimiento para la Gestión de Procesos, exige la aplicación de un conjunto de herramientas para la recopilación y el análisis de datos sobre las actividades, con vista a identificar las áreas problemáticas que representan el mayor potencial de mejoramiento de los procesos.

2.5.4 - Etapa IV: Proceso de Tratamiento y Disposición Final de los Residuos

Para el desarrollo de los pasos que componen esta etapa se debe contar con los análisis químicos que permitan la descripción exacta de las operaciones tecnológicas a realizar para darle el tratamiento o disposición final del residuo.

Aun el proyecto del Confinatorio no se ha precisado las tecnologías que utilizarán, por tanto esta etapa del procedimiento queda pendiente para próximas investigaciones para completar todos los elementos de la secuencia propuesta.

Con esta etapa se finaliza el procedimiento propuesto para realizar la recuperación de todos los residuos peligrosos localizados por todo el país y confinarlos en la ExCEN ubicada en Cienfuegos, buscando aumentar la seguridad en el manejo y conservación de los mismos.

2.6 Conclusiones del capítulo 2

De los análisis bibliográficos realizados sobre los temas tratados en el capítulo se han arribado a las conclusiones siguientes:

- Desde que existía el MINBAS (ahora MINEM y MINDUS), se comenzó la búsqueda de una solución a nivel nacional, y se decidió la creación de un centro para el almacenamiento, procesamiento, conservación prolongada, recuperación y reciclado de los desechos y productos químicos peligrosos, empleando las edificaciones disponibles de la Central Electronuclear de Juraguá, provincia de Cienfuegos.
- El proyecto consiste en crear un sistema para el manejo integral de todos los residuos peligrosos que existen y se generan en Cuba, los cuales se encuentran distribuidos por todo el territorio nacional, cercanos a ecosistemas, asentamientos poblacionales y otras zonas vulnerables constituyendo un gran riesgo de contaminación.
- Se ha comenzado un estudio que establece los modos seguros y eficaces para operar a nivel nacional un Confinatorio en Cienfuegos, pero aún carece del esquema tecnológico logístico que garantice el movimiento y manipulación segura de desechos desde las entidades donde se almacenan hasta el Centro de Confinamiento.

- Después de analizados los procedimientos existentes en la bibliografía se ha diseñado uno que se adapta a las condiciones nacionales, necesidades, características y requerimientos que exigen las normativas y regulaciones vigentes para desarrollar un proceso de alto nivel de seguridad.
- El procedimiento diseñado se inicia con la **caracterización teórica y actual** de cada residuo, prosigue con el **estudio de las disponibilidades logísticas** existentes y necesarias, para realizar el **diseño del proceso logístico** a desarrollar para recoger los residuos localizados por todo el país y trasladarlos hasta el Confinatorio donde se le definirá su **tratamiento y disposición final**, en función de los requerimientos tecnológicos que se identifiquen.

Capítulo 3 Implementación del procedimiento para la gestión logística de las lámparas de mercurio.

3. Introducción

En este capítulo se realiza la implementación del procedimiento anteriormente diseñado de lámparas de mercurio, donde se describe cada una de las etapas con sus herramientas propuestas.

3.1 Caracterización general de los residuos en Cuba

El manejo inadecuado de los desechos peligrosos constituye un motivo de especial preocupación, debido a su incidencia directa en el incremento de los peligros y riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

La situación en Cuba se caracteriza por la generación anual de más de un millón de toneladas de desechos peligrosos, una buena parte de los cuales no reciben un tratamiento adecuado. Existen toda una serie de dificultades que conllevan a un inadecuado manejo de los desechos peligrosos. El grado de obsolescencia tecnológica, la insuficiente aplicación de enfoques preventivos, así como la carencia de una infraestructura nacional para llevar a cabo servicios centralizados de tratamiento y disposición final de estos desechos, constituye una importante limitación para la aplicación de posibles alternativas en la solución a los diferentes problemas identificados en el país.

Los desechos peligrosos en Cuba son controlados por el CITMA, el cual se encarga de controlar su tratamiento y cuidado en los distintos organismos donde se localizan. Según datos del inventario de residuos del CITMA del 2009, (**Ver Anexo 10**), los desechos peligrosos en Cuba se controlan por cada zona geográfica, donde el **87,34%** de los mismos se localiza entre el occidente y centro del país, con un 48,88% y 38,46%, respectivamente, como se muestra en la figura 10.

Para una primera etapa del Confinatorio solo se van a confinar cuatro residuos peligrosos: Plomo presente en Tubos de Rayos Catódicos (TRC), Mercurio presente en lámparas, Askareles presente en transformadores y PCB presente en Capacitores o Condensadores, siendo estos dos últimos residuos los mismos aunque están presentes en distintos equipos eléctricos y por eso se van a tratar separados. Aunque los inventarios realizados por el CITMA en el 2009, tienen presente todos los residuos peligrosos que existen en el país y los organismos que los generan, (**Ver Anexo 11**).

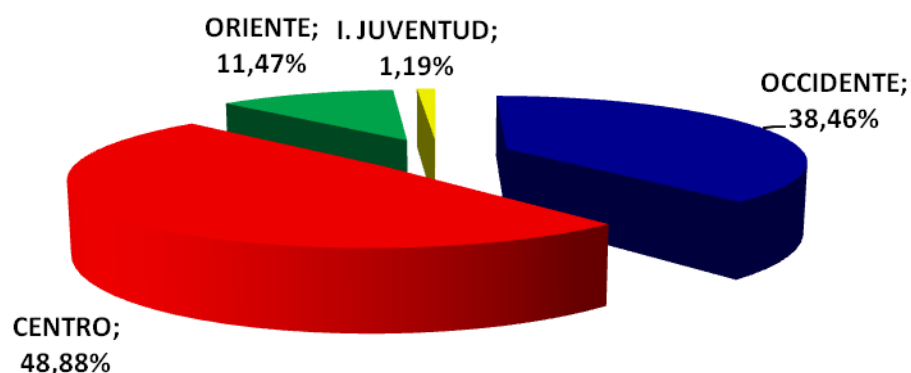


Figura 10: Distribución de los Residuos Peligrosos en Cuba. **Fuente:** CITMA 2009.

El CITMA describe el total de productos a confinar en Cuba y dentro de ellos los de esta investigación, de los cuales el Plomo representa un 33%, le sigue el Askareles con un 3% y luego el mercurio con un 0.26% como se muestra en la figura 11.

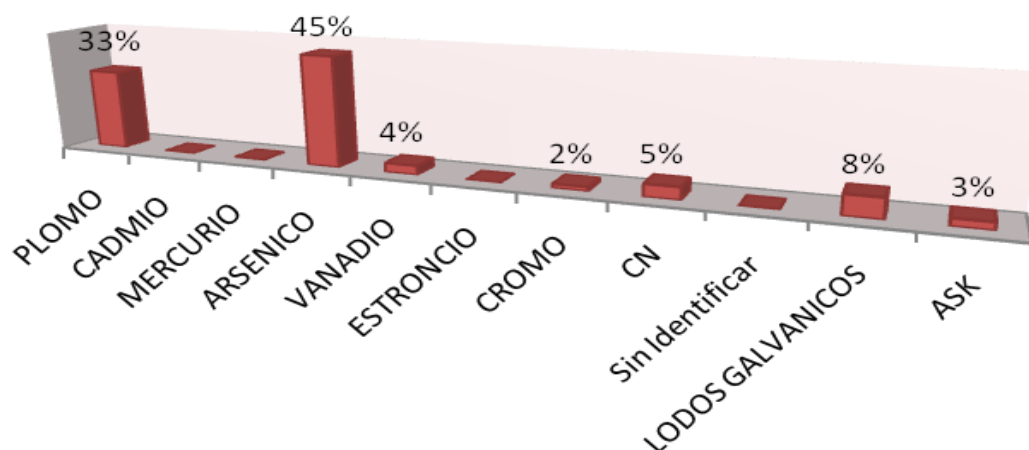


Figura 11: Productos a Confinar en Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

De los resultados obtenidos mediante el análisis de la generación de residuos peligrosos por cada organismo de Cuba, se muestra que el antiguo MINBAS actualmente MINEM es el mayor generador de residuos peligrosos en el país representando un 56%, luego le sigue el SIME con un 30% de generación, el MINIL con un 8% y el MITRANS con un 3%. Estos cuatro organismos representan el 97,38% de la generación total de residuos en el país. Como se observa en la figura 12.

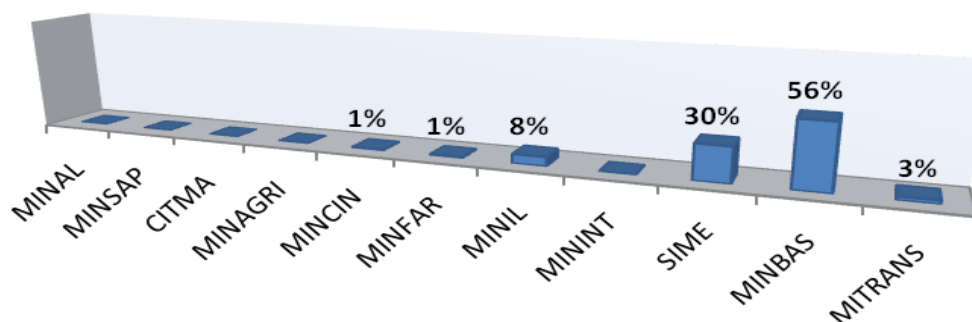


Figura 12: Generación de residuos peligrosos por organismos en Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

El análisis realizado a los residuos peligrosos que están bajo investigación en la primera etapa del proyecto Confinatorio **VerAnexo 12**, arroja como resultados que el plomo es mayormente generado por el SIME y en menor en el antiguo MINBAS, el Mercurio donde mayor es generado es en el antiguo MINBAS, y le sigue el MININT el MINCIN, MINAGRI, los Askareles son generados en mayores cantidades en el MITRANS, como se muestra en la figura 13.

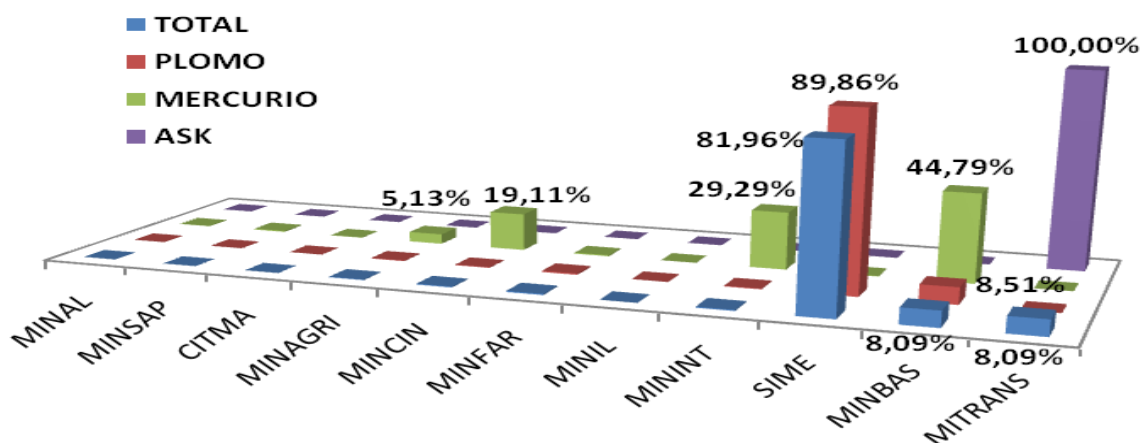


Figura 13: Generación de Residuos Peligrosos por organismos cubanos. **Fuente:** CITMA 2009

Del análisis de los estados de los envases y del almacenaje de los productos ociosos, productos caducados y desechos peligrosos a nivel nacional, (**Ver Anexo 13**) realizado por el CITMA resulta una problemática a solucionar: los envases que están en mal estado y su mal almacenamiento, representando el 5.77% y el 28.83%, respectivamente, como se muestra en la figura 14.

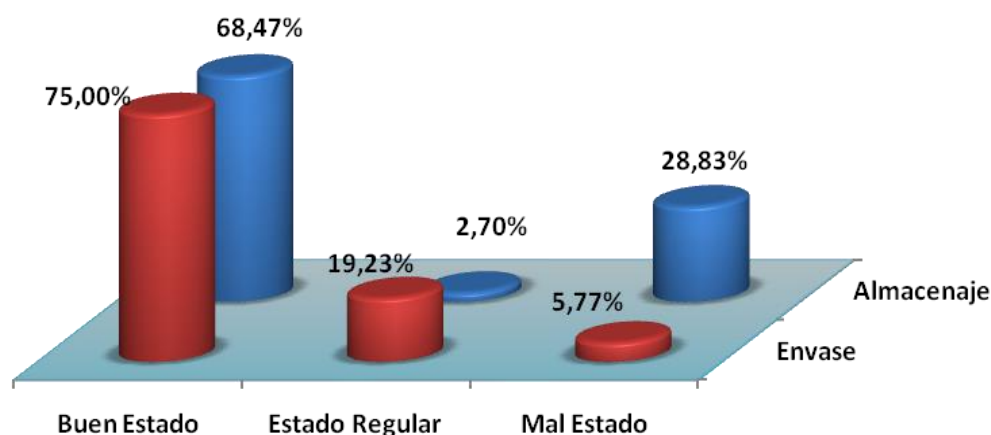


Figura 14: Productos por estado de envase y almacenaje a nivel nacional. **Fuente:** CITMA 2009

Es hoy una necesidad en Cuba la creación de una infraestructura que permita a nivel nacional el almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos, y para lograrlo con una mayor organización, es necesario la implementación del procedimiento para la gestión logística de estos residuos, garantizando éste, una mejor gestión y la aplicación de las herramientas descritas, para asegurar que tanto el manejo, transporte, almacenamiento y tratamientos se realice con el menor riesgo posible y en cumplimiento de la normativas vigentes.

3.2 Implementación del Procedimiento para la Gestión Logística de los Residuos Peligrosos en Cuba.

En Cuba se genera anualmente más de un millón de toneladas de desechos peligrosos, los cuales no reciben el tratamiento adecuado, ni el manejo seguro que necesitan estos residuos, por tanto se realiza la creación de un proyecto que plantee el acondicionamiento de la ex CEN para concentrarlos allí y luego su posterior tratamiento. Inicialmente se confinarán los cuatro residuos mencionados anteriormente de los cuales esta investigación analiza uno: las lámparas de mercurio.

Se denominan lámparas de descarga a todas aquellas fuentes luminosas, cuyo principio de funcionamiento consiste en generar luz mediante una descarga eléctrica producida entre dos electrodos situados en el interior de un tubo lleno de gas. Mientras que la lámpara incandescente la luz emitida se debe a las altas temperaturas alcanzadas en los filamentos.

Las lámparas de descarga presentan las siguientes características:

- Pequeño contenido de sustancias tóxicas por lámpara.
- Consumo cada vez mayor, principalmente a nivel industrial, que provoca un volumen de residuo considerable.
- Fragilidad, lo que dificulta toda maniobra de transporte o almacenamiento.
- Gran dispersión en el consumo dificultando la eficacia de la recolección de las lámparas que quedan fuera de servicio.
- La mayor parte de los residuos generados corresponden a operaciones de mantenimiento y sustitución de unidades fuera de servicio.
- Las posibilidades de reutilización de los residuos son prácticamente nulas.
- Existen posibilidades importantes de reciclaje de los materiales.

Existen varios tipos de lámparas las cuales contienen vapores de mercurio estas son:

Lámparas fluorescentes: Compuestas por vapor de mercurio, cátodos de wolframio impregnados en una pasta formada por óxidos alcalinotérreos gas argón y también presentan cobre esmaltado. En forma de tubos y circulares

Pequeñas lámparas fluorescentes: Compuestas por vapor de mercurio similar al de las lámparas fluorescentes convencionales. Bombillos ahorradores.

Lámparas de vapor de mercurio: Compuestas por vapor de mercurio .De alta presión, en forma de bulbo.

Lámparas de mercurio con halogenuros: La constitución además de mercurio, contienen halogenuros de tierras raras, tales como disprosio, talio, indio, holmio o tulio.

El uso de este tipo de lámparas y tubos tiene como ventaja una alta calidad de iluminación en ambientes laborales, hogares y espacios públicos, permitiendo ahorrar energía debido a su alta eficiencia con respecto a las lámparas incandescentes. En atención a esto es que existen programas de eficiencia energética a nivel mundial que fomentan la sustitución masiva por este tipo de lámparas,(**Ver Anexo 19**).

Etapas 1: Caracterización de los Residuos Peligrosos

El objetivo de esta etapa es la caracterización **teórica** y **actual** del residuo en investigación, en este caso lámparas de mercurio. En la primera caracterización se deben realizar una serie de actividades y tareas como son: nombre completo del residuo y otros usados, fórmula química, clasificaciones en resoluciones y normas, toxicidad e incompatibilidades, posibilidad de envasado y embalado, riesgos asociados a la manipulación, precauciones en los movimientos, medios de protección propuestos, propuesta tratamiento o disposición final. Para ello se utiliza como herramientas los documentos del proyecto, búsquedas en internet, revisión de literaturas, ficha del residuo. Para la caracterización actual de los residuos se debe seguir los siguientes pasos: puntos de almacenamiento o generación, inventario actual identificado, modos o flujos de generación. Para la realización de este paso se emplean como herramientas matrices de distancia y de localización, inventario de residuos del CITMA, diagramas de flujos de procesos.

PASO 1: Caracterización teórica

Nombre Completo del Residuo: Mercurio

Fórmula Química del Residuo: Hg

Otros Nombres del Residuo: Mercurio coloidal, Quicksilver.

Caracterización mercurio:

El mercurio es un metal líquido, inodoro, plateado, pesado y ligeramente volátil a temperatura ambiente, con un peso atómico de 200.59 g/mol. Su símbolo (Hg). Es un metal noble, soluble únicamente en soluciones oxidantes. El mercurio sólido es tan suave como el plomo. El metal y sus compuestos son muy tóxicos. El mercurio forma mezcla llamadas amalgamas con algunos metales (por ejemplo, oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio).

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

Propiedades Físicas:

El mercurio tiene una expansión de volumen uniforme en estado líquido, lo que, en conjunto con su alta tensión superficial y su inhabilidad de mojar el vidrio lo hace muy útil en instrumentos de medición.

Punto de fusión: $-38.87\text{ }^{\circ}\text{C}$

Punto de ebullición: $357.72\text{ }^{\circ}\text{C}$

Densidad (g/ml): 13.534 ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$), 13.546 ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), 14.43 (en el punto de fusión), 14.193 (a -38.8°C , sólido) y 13.595 ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Tensión superficial ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$): 484 dinas/cm

Resistividad eléctrica ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$): $95.76\text{ }\mu\text{ohm cm}$

E (acuoso) potenciales de acción reducción.

Hg/Hg^{2+} : -0.854 V

$\text{Hg}/\text{Hg}_2^{2+}$: 0.7961 V

$\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}^{2+}$: 0.905 V

Coefficiente de expansión de volumen del líquido ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$): $182 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Calor latente de fusión: 11.8 J/g

Conductividad térmica: $0.092\text{ W/cm}^2\text{ K}$

Densidad crítica: 3.56 g/ml

Temperatura crítica: $1677\text{ }^{\circ}\text{C}$

Presión crítica: 558.75 mm de Hg

Solubilidad en agua: $20\text{-}30\text{ }\mu\text{g/l}$. Insoluble en agua y disolventes orgánicos.

Viscosidad ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$): 1.55 mPa.s

Entropía (S_{298}): 76.107 J/mol

Calor de fusión: 2297 J/átomo

Calor de vaporización: 59149 J/átomo

Mercurio líquido, $25\text{-}357\text{ }^{\circ}\text{C}$: C_p : 27.66 J/mol

Mercurio gaseoso: C_p : 20.79 J/mol

Calor latente de vaporización: 271.96 J/g

Calor específico (J/g):

Sólido: 1.1335 ($-75.6\text{ }^{\circ}\text{C}$); 0.141 ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) y 0.231 ($-263.3\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Líquido: 0.1418 ($-36.7\text{ }^{\circ}\text{C}$) y 1.1335 ($210\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Uso del mercurio

El mercurio metálico se usa en interruptores eléctricos como material líquido de contacto, como fluido de trabajo en bombas de difusión en técnicas de vacío, en la fabricación de rectificadores de vapor de mercurio, termómetros, barómetros, tacómetros y termostatos y en la manufactura de lámparas de vapor de mercurio.

Se utiliza en amalgamas de plata para empastes de dientes. Los electrodos normales de calomel son importantes en electroquímica; se usan como electrodos de referencia en la medición de potenciales, en titulaciones potenciométricas, y en análisis polarográficos la celda normal de Weston.

El mercurio se empleaba en la agricultura como fungicida en la conservación de simientes, en la industria papelera, en la producción de hidróxido sódico, de acetaldehído, del difundido PVC y otros productos.

El mercurio se encuentra comúnmente como su sulfuro HgS , con frecuencia como rojo de cinabrio y con menos abundancia como metal cinabrio negro. Un mineral menos común es el cloruro de mercurio. A veces los minerales de mercurio contienen gotas pequeñas de mercurio metálico.

La tensión superficial de mercurio líquido es de 484 dinas/cm, seis veces mayor que la del agua en contacto con el aire. Por consiguiente, el mercurio no puede mojar ninguna superficie con la cual esté en contacto. En aire seco el mercurio metálico no se oxida, pero después de una larga exposición al aire húmedo, el metal se cubre con una película delgada de óxido. No se disuelve en ácido clorhídrico libre de aire o en ácido sulfúrico diluido, pero sí en ácidos oxidantes (ácido nítrico, ácido sulfúrico concentrado y agua regia).

Problemas ambientales y de salud

El mercurio metálico es usado en una variedad de productos de las casas, como barómetros, termómetros, bombillas fluorescentes. El mercurio en estos mecanismos está atrapado y usualmente no causa ningún problema de salud. De cualquier manera, cuando un termómetro se rompe una exposición significativamente alta al mercurio ocurre a través de la respiración, esto ocurrirá por un periodo de tiempo corto mientras este se evapora.

Esto puede causar efectos dañinos, como daño a los nervios, al cerebro y riñones, irritación de los pulmones, irritación de los ojos, reacciones en la piel, vómitos y diarreas.

El mercurio no es encontrado de forma natural en los alimentos, pero este puede aparecer en la comida así como ser expandido en las cadenas alimentarias por pequeños organismos que son consumidos por los humanos, por ejemplo a través de los peces.

Las concentraciones de mercurio en los peces usualmente exceden en gran medida las concentraciones en el agua donde viven. Los productos de la cría de ganado pueden también contener eminentes cantidades de mercurio. El mercurio no es comúnmente encontrado en plantas, pero este puede entrar en los cuerpos humanos a través de vegetales y otros cultivos. Cuando aerosoles que contienen Mercurio son aplicados en la agricultura.

El mercurio tiene un número de efectos sobre los humanos, que pueden ser todos simplificados en las siguientes principalmente:

- Daño al sistema nervioso
- Daño a las funciones del cerebro
- Daño al ADN y cromosomas
- Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza
- Efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos.

El daño a las funciones del cerebro puede causar la degradación de la habilidad para aprender, cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, incoordinación de músculos y pérdida de la memoria. Daño en el cromosoma .

Intoxicación por Mercurio produce el mercurialismo o hidrargirismo que es el conjunto de los trastornos patológicos.

Los efectos de la inhalación de mercurio sobre la salud dependen de la cantidad de vapor de mercurio que haya respirado y del tiempo durante el cual lo haya hecho.

Los problemas de salud pueden derivarse de una exposición de mercurio durante un corto o un largo periodo de tiempo.

La exposición a concentraciones elevadas de mercurio pueden provocar daños permanentes en el cerebro, los riñones y en los fetos en desarrollo, como ocurrió en los habitantes de Minamata en Japón.

Efectos ambientales del mercurio

El mercurio entra en el ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. La liberación de Mercurio desde fuentes naturales ha permanecido en el mismo nivel a través de los años. Todavía las concentraciones de mercurio en el medioambiente están creciendo; esto es debido a la actividad humana.

La mayoría del mercurio liberado por las actividades humanas es liberado al aire, a través de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos sólidos.

Algunas formas de actividades humanas liberan mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. Todo el Mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales. El Mercurio del suelo puede acumularse en los hongos. Aguas superficiales ácidas pueden contener significantes cantidades de mercurio.

Cuando los valores de pH están entre cinco y siete, las concentraciones de mercurio en el agua se incrementarán debido a la movilización del mercurio en el suelo.

El mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos, los microorganismos pueden convertirlo en metilmercurio, una sustancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos y es conocido que daña al sistema nervioso.

Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metilmercurio de agua superficial cada día. Como consecuencia, el metilmercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias de las que forman parte.

Los efectos del mercurio en los animales son daño en los riñones, trastornos en el estómago, daño en los intestinos, fallos en la reproducción y alteración del ADN.

Los brotes de intoxicación por metilmercurio se produjeron en varios lugares de Japón durante la década de 1950 debido a las descargas industriales de mercurio en los ríos y aguas costeras. Los casos más conocidos fueron en Minamata y Niigata. En Minamata, más de 600 personas murieron a causa de lo que se conoce como la enfermedad de Minamata. Existieron casos donde las mujeres embarazadas que consumieron pescado contaminado mostraron leves o ningún síntoma, pero dio a luz a niños con graves discapacidades del desarrollo.

Un envenenamiento generalizado por mercurio se produjo en una zona rural de Irak en 1971-1972, cuando el grano tratado con un fungicida de metilmercurio, basado en que fue destinado a la siembra y solo fue utilizado por la población rural para hacer pan, causando al menos 6.530 casos de envenenamiento por mercurio y por lo menos 459 muertes.

El mercurio nunca desaparece del ambiente, asegurando que la contaminación de hoy seguirá siendo una contaminación en el futuro. El mercurio es un contaminante bioacumulativo. Se va transmitiendo a través de la cadena alimenticia, de tal manera que el mercurio disperso en el ambiente va ascendiendo a través de la cadena hasta llegar a la cima, donde se encuentran los predadores naturales, y el ser humano.

- **Clasificaciones en Resoluciones y Normas.**

Sistema de numeración de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988).

Categoría: Y29 mercurio o compuestos de mercurio

Característica: H.6 Tóxicos (venenos) agudos. Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.(Ver **Anexo 1**).

H.8 Corrosivos. Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.

Según el Catalogo Europeo de Residuos los tubos fluorescentes y otros residuos que contienen mercurio se clasifican como: 20 01 21.

Cuba

En Cuba se utiliza la Clasificación del Anexo I del Convenio de Basilea.

Categoría: Y29 mercurio o compuestos de mercurio.

Característica: H.6 Tóxicos (venenos) agudos. Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.(**VerAnexo 2**).

H.8 Corrosivos. Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros

Toxicidad e Incompatibilidades

El mercurio puro y a temperatura ambiente no se oxida, sin embargo al calentar cerca de su punto de ebullición, si lo hace, aunque lentamente, formando HgO .

Forma aleaciones con muchos metales, excepto hierro (solo a temperaturas muy altas) y con azufre se combina a temperatura ambiente.

Reacciona con HNO_3 y H_2SO_4 caliente, sin embargo, no lo hace con HCl , ni con H_2SO_4 frío o álcalis.

Reacciona con disoluciones de amoníaco en presencia de aire para generar Hg_2NOH (base de Millón).

Reacciona explosivamente con tetracarbonil - níquel (con agitación); ácido peroxifórmico; dióxido de cloro (con agitación); 3-bromo-propino; metil-silano y oxígeno (con agitación) y disoluciones concentradas de perclorato de plata con 2-pentino o 3-hexino.

El óxido de etileno puede contener trazas de acetileno como contaminante, con el cual, el mercurio forma acetilenos capaces de detonar.

El mercurio entra en ignición en presencia de una corriente de cloro a 200 - 300 °C. Lo mismo sucede con el di yodo - fosforo de boro en presencia de vapores de mercurio.

Este metal, reacciona violentamente con bromo o acetileno de sodio. Con sodio, rubidio y potasio la reacción es violenta y exotérmica. La formación de amalgamas con calcio, también es violenta.

Algunos metales como Cu, Fe o Zn precipitan el metal de disoluciones neutras o ligeramente ácidas de sales de mercurio.

Las sales mercúricas en presencia de NaOH, generan un precipitado amarillo de HgO y con disolución alcalina de yodo, dan HgI₂. Las sales de mercurio, por su parte, dan un precipitado negro con hidróxidos alcalinos y un precipitado blanco de calomel con HCl o cloruros solubles.

Mezclas de mercurio con acetileno, amoniaco, dióxido de cloro, metil-azida, cloratos, nitratos y ácido sulfúrico caliente pueden resultar explosivas.

En general el mercurio es incompatible con halógenos y agentes oxidantes fuertes.

Niveles De Toxicidad: RQ: 1

IDLH: 28 mg/m³

México:

CPT: 0.05 mg/m³ como Hg vapor (absorción por la piel de todas sus formas

CPT: 0.01 mg/m³ como Hg (absorción por la piel para derivados alquilados)

CCT: 0.03 mg/m³ como Hg (absorción por la piel para derivados alquilados)

Estados Unidos:

TLV TWA: 0.05 mg Hg /m³ (como Hg)

TLV: 0.01 mg Hg/m³ (para derivados alquilados)

Reino Unido

Periodos largos: 0.05 mg/m³

Periodos cortos: 0.15 mg/m³

Alemania: MAK: 0.1 mg/m³ (0.01 ppm)

Francia: VME: 0.05 mg/m³ (vapor)

Suecia: Nivel límite: 0.05 mg/m³ (vapor)

Lámparas de mercurio:

Posee las mismas incompatibilidades que el mercurio elemental. Fuga inusual y peligro de explosión: con la exposición a altas temperaturas, se puede liberar vapores tóxicos de los tubos rotos. Debe evitarse el contacto del mercurio con acetileno, amoníaco o azidas.

- **Posibilidad de Envasado y embalado.**

Según el manual de la Organización de Naciones Unidas (ONU) se asigna a los Compuestos de Mercurio Grupo de Embalaje III: Sustancias y preparados poco peligrosos. Se puede transportar este desecho como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que el envase interior la cantidad de mercurio no exceda los 5 kilogramos. Se recomienda los recipientes a presión, frascos o botellas de acero con cierre de rosca y una capacidad que no supere los tres litros o envases combinados que reúnan las siguientes características.

Envases interiores de vidrio, metal o plástico rígido destinado a contener líquidos con una masa neta máxima de 5kg por envase.

Envases interiores con suficiente material de relleno para protegerlo contra rotura.

Los envases interiores y exteriores deberán estar provistos de un forro interior o bolsas de un material impermeable, resistentes a las perforaciones y estanco, que envuelvan completamente el contenido para evitar fugas, independientemente de la posición u orientación del envase.

Almacenamiento en bloques de los envases exteriores, los recomendados son bidones de acero, plástico (madera contrachapada y cartón) todas con masa neta máxima de 400kg) y cajas de acero de 400kg, madera natural, madera natural con paredes estancadas a los pulverulentos, madera contrachapada 250kg, aglomerado de madera 125kg cartón 125kg plástico expandido 60kg plástico rígido 125kg.

Por otra parte los Desechos de Lámparas de Mercurio pertenecen al Grupo III: Sustancias y preparados poco peligrosos.

Se pueden transportar estos desechos como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad de sustancia no exceda de una cantidad de 50 kg. Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio, plástico, metal y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, aluminio, cartón, madera contrachapada o plástico.

En el caso que el desecho se requiera transportara granel, se recomienda que los materiales de recipiente intermedio sean de metal, plástico, compuestos de cartón, madera o flexibles siendo estos

últimos herméticos y resistentes al agua o estar provistos de un forro con la misma resistencia en estos últimos casos el transporte sería cerrado.

No se usará el mismo transporte, para llevar al mismo tiempo sustancias incompatibles que en caso de derrame puedan provocar accidentes. **(Ver Anexo15)**.

Riesgos asociados a la manipulación

Los materiales de las lámparas se encuentran dentro de un sistema cerrado, por lo cual su uso adecuado no representa riesgos o impactos sobre el medio ambiente o la salud. Dichos materiales entran en contacto con el medio ambiente solamente en caso de rotura o destrucción. El principal riesgo corresponde a la liberación del mercurio.

El mercurio es una sustancia natural y un contaminante proveniente de diversas actividades industriales. Las concentraciones naturales en el agua, suelo y en los peces (bioacumuladores) varían de una región a otra y son función de la composición de la roca madre a partir de la cual se genera el suelo y de las fuentes de contaminación existentes en el área.

Una vez liberado por actividades entrópicas al medio ambiente, el mercurio puede permanecer por mucho tiempo en la atmósfera antes de depositarse (mayoritariamente como mercurio elemental en fase vapor), lo que permite que este se transporte lejos de la fuente de emisión.

Precauciones en los movimientos

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

Fragilidad: Están constituidos por vidrios de pocos milímetros de espesor, por lo tanto se trata de un producto frágil, lo que afecta considerablemente las condiciones de transporte y almacenamiento.

Contenido: Los constituyentes son de carácter nocivo, por lo tanto es necesario tomar precauciones durante su manipulación.

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

En resumen, se trata de residuos voluminosos que no se pueden compactar, de difícil transporte y almacenamiento.

Bajo ninguna circunstancia se pueden poner en contacto entre sí, productos que sean de naturaleza incompatible; en el caso de estos se debe mantener separados de residuos inflamables o explosivos. De lo contrario, existe el riesgo de emisión de sustancias tóxicas en caso de fuego o explosión.

En caso de existir alguna rotura se debe tener cuidado con los vidrios dispersos en el piso, utilice guantes de goma y coloque estos desechos en un recogedor. Viértalos en un recipiente hermético los desechos y no inhale el polvillo resultante de estas lámparas.

Medios de Protección propuestos

Se recomienda utilizar mascarillas con filtro de partículas, el uso de guantes de nitrilo o caucho natural. El empleo de ropa de trabajo cubriendo extremidades, uso zapatos de seguridad, overol o delantal plástico, **(Ver Anexo 16)**.

Después del manejo, lave a fondo antes de comer, fumar o usar servicios de sanitarios.

Es necesario llevar un registro de la exposición de los trabajadores a fin de proteger su salud y su seguridad con el propósito de garantizar que estos no sobrepasen los límites de exposición, y someter al personal a exámenes periódicos, ya que se establece que son potencialmente causantes de enfermedades profesionales.

Manipular las lámparas de mercurio que estén rotas con guantes resistentes (de piel) de manga larga.

Estas no se deben poner cerca de sustancia inflamables o explosivas e incompatibles a éstas.

Se debe mantenerla limpieza de los suelos.

▪ Propuesta Tratamiento o Disposición Final.

Reciclaje de tubos fluorescentes

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PASO 2: Caracterización Actual

Este paso tiene como objetivo definir los modos o flujos de generación, puntos de almacenamiento o generación y el inventario actual identificado del residuo. Se utilizarán como herramientas matrices de distancia y de localización, inventario de residuos del CITMA, diagramas de flujos de procesos.

- **Modos o flujos de generación**

En el país no se fabrican estas lámparas, por lo cual no se describe en este paso su modo o flujos de generación, al contrario de otros residuos que si son generados en nuestro país. Estas lámparas son importadas desde el exterior.

- **Puntos de almacenamiento o generación**

Las lámparas de mercurio se encuentran actualmente en distintas provincias del país, estas se encuentran almacenadas y en desuso porque ya se terminó su vida útil y estas poseen una gran toxicidad para la salud y el medio ambiente si se llegan a romper. Todas estas Lámparas y desechos de lámparas según el CITMA se encuentran en el MINSAP, MINAGRI MINIT, antiguo MINBAS. En las provincias de Ciego de Ávila, Ciudad Habana, Matanzas, La Habana, Santiago de Cuba, Villa Clara. Donde están definidas las distancias entre todos los puntos entre si y el Confinatorio, lo cual servirá para definir las rutas más factibles y de menores riesgos, esta matriz de distancia proporciona las distancias a recorrer en km desde el Confinatorio hasta todos los puntos de almacenamiento identificados en el Inventario, así como las distancias entre cada uno de estos puntos para identificar las rutas más cortas a seguir. (**Ver Anexo 18**).

- **Inventario actual identificado**

El CITMA en el 2009 realizó un inventario de todos los desechos peligrosos que se generan en el país, o se importan para su utilización aquí, y que están almacenados, caducados, ociosos, o utilizándose, tal es el caso de las lámparas de mercurio que se encuentran almacenados en empresas del país (**Ver Anexo 18**), anteriormente mencionadas y del análisis realizado en este inventario expresado en (kg), se obtuvo como resultado que en Santiago de Cuba es donde más cantidades de Mercurio existe, como se muestra en la figura 15.

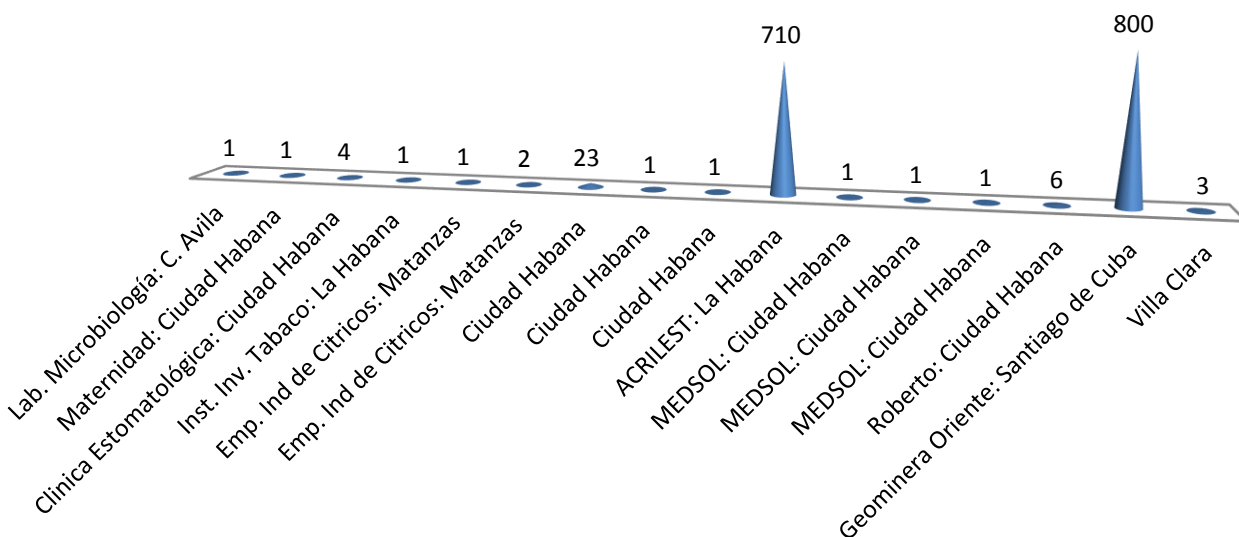


Figura 15: Cantidades en (kg) de lámparas con contenido de mercurio Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

Resultandotambién de este análisis es que Santiago de Cuba presenta el 52.6% de la cantidad de mercurio totales presentes en el país, La Habana 46.7 %, Ciudad Habana 0.92 %,Villa Clara 0.20 % y matanzas un 0.20% y Ciego de Ávila un 0.07%como se muestra en la figura 16.

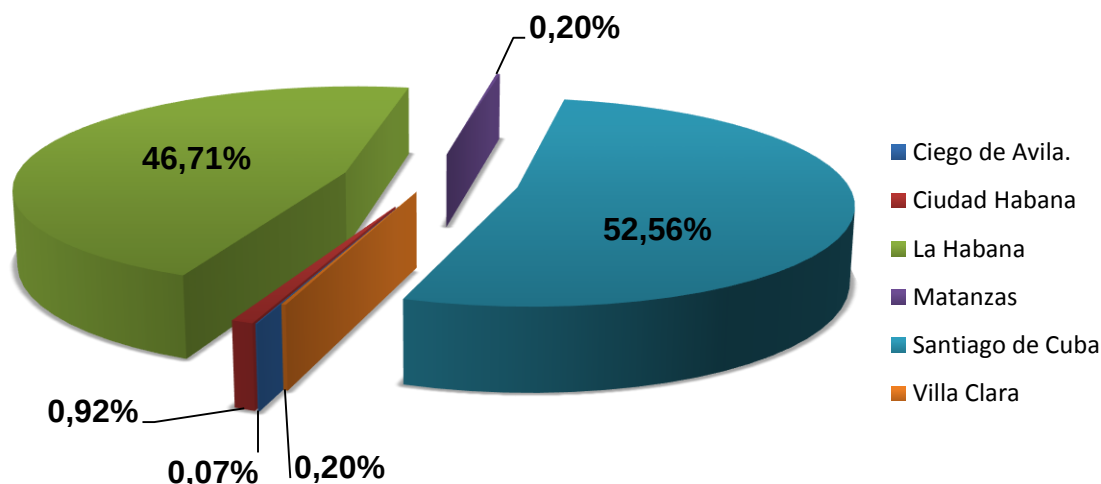


Figura 16: Cantidades de Mercurio por Provincias. **Fuente:** CITMA 2009.

Se realizó un análisis de las cantidades de Mercurio en kg por los distintos organismos del país obteniéndose como resultado que el antiguo MINBAS es el de mayor generación de este residuo con 1522 kg, como se muestra en la figura 17.

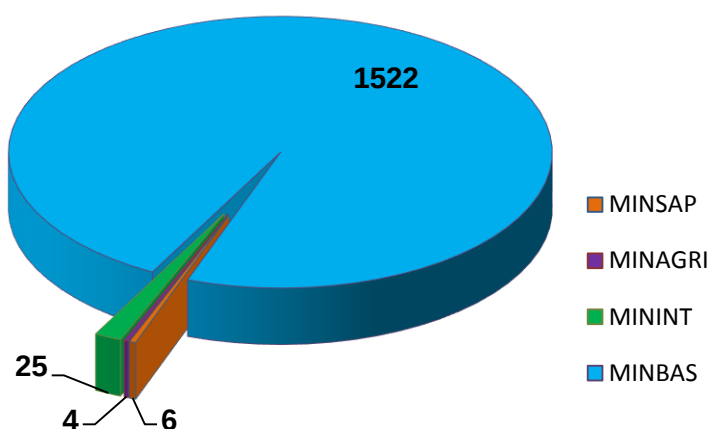


Figura 17: Cantidades de Kg de Mercurio por Organismos de Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

Además se realizó un análisis en estas provincias, teniendo en cuenta los tipos de envases, el estado en que se encuentran y las condiciones de almacenamiento de los residuos de Mercurio y arrojó como

resultados que utilizan envases de vidrio, plástico y metálico, que se encuentran en buenas condiciones estos envases en todas las provincias, excepto en Santiago y Villa Clara, también se analizó el estado del envase es malo en el MININT y regular en la Villa Clara, siendo esto una problemática a solucionar porque a la hora de trasladarlos al Confinatorio puede ocurrir riesgos de derrames o accidentes, (Ver Anexo 20).

3.2.1 Etapa 2: Estudio de las Disponibilidades Logísticas

En esta etapa se analizan las Disponibilidades Logísticas existentes y para ello se realizan un conjunto de actividades como son: medios de contención, medios de manipulación, medios de almacenamiento, capacidad de almacenamiento, medios de transporte; utilizando para lograrlas un conjunto de herramientas previamente seleccionadas como son: revisión documentos del proyecto, cálculo de las capacidades de almacenamiento. Además como paso número dos en esta etapa se analizan las Disponibilidades Logísticas necesarias en la cual se realizan como actividades: rutas de recorridos para el confinamiento, medios de contención, medios de manipulación, medios de almacenamiento, capacidades de almacenamiento, medios de transporte.

Para ello se utilizan las herramientas siguientes: tecnología de almacenamiento, procedimiento para diseño de almacenes, modelos matemáticos para diseño de las rutas de recolección, procedimiento para el cálculo de las necesidades de medios de transporte.

PASO3: Disponibilidades Logísticas existentes

En este paso deben definir los aspectos relacionados con las disponibilidades logísticas existentes o definidas en el proyecto o en el inventario de desechos el CITMA.

- **Medios de Contención Unitarizador.**

En el Inventario de los Desechos del CITMA no se describen con exactitud las características de cómo están almacenados estos desechos en las empresas identificadas. Es decir, no se definen las características de los envases, embalajes, en cuanto al área, volumen, peso, material y otros aspectos relacionados con el lugar o la forma en la cual están almacenados.

Aunque en el Proyecto del Confinatorio se han definido un conjunto de normas de almacenamiento para mantener este desecho después de trasladado hasta el Confinatorio.

En estas normas se proponen siete elementos para almacenar estos desechos con una estructura en bloques, las cuales se muestran la tabla siguiente:

Elementos	Altura de las pilas	
	Pila común	Pila sobre tarima
Tambores metálicos o plásticos de 50-100 L o más	3 tambores (Altura máxima: 4 tarimas)	1 tambor por tarima
Baldes metálicos de 20 a 50 L de capacidad	5 baldes (altura máxima: 3 tarimas)	3 baldes por tarima
Envases secundarios de cartón (frascos de vidrio, plástico o metal de 1 L)	Hasta 6 cajas (altura máxima: 2 tarimas)	4 cajas por tarimas
Envases secundarios de cartón (bidones de 5 L de capacidad)	7 cajas (altura máxima: 3 tarimas)	4 cajas por tarimas
Bolsas de polietileno, papel Kraft con polvos de 20 a 30 Kg.	12 camadas (altura máxima: 2 tarimas)	7 camadas por tarima
Bolsas de arpillera o polietileno con granulados de 25 a 50 Kg	10 camadas (altura máxima: 2 tarimas)	5 camadas por tarima
Bidones plásticos de 20 a 25 L de capacidad	5 bidones (altura máxima: 2 tarimas)	3 bidones por tarima

- **Equipos de Manipulación**

Según el estudio realizado por el Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas (CI IQ) se tiene proyectado que la manipulación de los productos ya envasados dentro y entre el Edificio Especial y el Reactor se efectuará por **Montacargas** (3-4 equipos a precisar) de 2 y 3.5 toneladas estos últimos para los grandes transformadores con PCB. En el Edificio especial se preparará un área de acceso del transporte para la descarga/envase de desechos a granel, que constará de un **sistema de Izaje** para la manipulación de cargas de hasta 3.5 toneladas.

La descarga de las sustancias correctamente envasadas se efectuará en áreas con acceso al transporte en el Edificio Especial (diferente al área de recepción de productos a granel o a reembolsar) para la manipulación de las cargas que se llevarán directamente por montacargas el Edificio del Reactor. Esta

área deberá estar también preparada para evitar que posibles derrames pasen al alcantarillado normal y provoquen contaminación en el sitio y el entorno. En el proyecto presentado no están definidas las dimensiones de estos equipos de manipulación aspecto necesario para definir la magnitud del área de almacenamiento necesaria..

- **Medios de Almacenamiento**

Cuando se disponga de un levantamiento completo del Edificio Especial y de los niveles del Reactor, los productos se almacenarán en dos niveles del Edificio Especial y en seis niveles del Reactor (el total depende finalmente del levantamiento) en la forma siguiente:

- Los residuos de mercurio se ubicaran en el mismo nivel de los residuos caducados y/o ociosos, pero en locales herméticos independientes.

Capacidad de Almacenamiento

Se tiene proyectado que las lámparas de mercurio cuando sean traídas al confinatorio se almacenen en el Edificio Especial y posteriormente su confinamiento sea en el Edificio del Reactor

Según el informe del proyecto en el **Edificio especial** se van almacenar las lámparas de mercurio, el mismo tiene un área de fabricación de 5 200 m² (104 m x 50 m), con una estructura de 5 niveles o pisos. En base a proyectos generales (iniciales) existentes de los niveles 0.0 y 4.8 se dispone de:

- Primer nivel 2 670 m² de posible área a utilizar.
- Segundo nivel 876 m² de posible área a utilizar.
- Altura hasta la cubierta general: 26.10 m, lo que representa 5,2 m.

Esto representa un **Volumen útil** de almacenamiento de 13 884 m³ para el primer nivel y de 4 555,2 m³ para el segundo nivel, para las sustancias que se mencionan anteriormente.

Una vez almacenadas las lámparas de mercurio se van a confinar en el **Edificio Reactor**, el cual tiene una altura hasta el tope de la cúpula (sin la chimenea): 73.70 m. Cuenta con 10 niveles que podrían usarse para el confinamiento (sin los sótanos debajo del 0.00) entre el nivel 0.00 y el nivel 34.70.

La altura promedio de los niveles es de 2.5 m y el espesor de los pisos de hormigón armado entre los niveles es 0.52 m. El espesor de la pared exterior de hormigón armado es de 1.5 m.

El área útil, que en este estudio proponemos usar de almacenaje (a partir de los planos tecnológicos existentes) por niveles (solo los 5 primeros pisos) es la siguiente.

Planta +0.00;1535.1m² **3837.75 m³**

Planta +4.5;1852.4m² **4631 m³**

Planta +10.5;3225.1 m² **8062.75 m³**

Planta +14.25;2078.4 m² **5196 m³**

Planta +17.60;2333.6 m² **5834 m³**

En total solo en los primeros 5 niveles se dispone de un área de almacenaje de 11 024.6 m²

Esto representa un **Volumen útil** de almacenamiento para la Planta 1 de **3 837.75 m³**, laPlanta 2 **4 631 m³**, la Planta 3 de **8 062.75 m³**, la Planta de **5196 m³** y la Planta 5 de **5 834 m³**.

En el proyecto se propone utilizar solamente los niveles y áreas (una vez realizado el levantamiento) necesarios para la manipulación y envase adecuado de productos, que se recibirían a granel (fundamentalmente soluciones arsenicales y rellenos de anillos de cerámica intalox y raschig contaminados con Arsénico, desechos contaminados con CN, el Pentóxido de Vanadio, Lodos Galvánicos y Lámparas y desechos de **Lámparas de Mercurio**) lo que una vez envasados adecuadamente se confinaran en el Edificio del Reactor.

- **Medios de Transporte**

Se tiene proyectado que la recogida de los productos en las empresas donde están almacenadas será por camiones especializados (1 carro tanque y 1-2 carros para productos sólidos). En este documento no se definen las capacidades ni en peso o volumen que pueden presentar estos equipos de transporte.

En el proyecto tampoco se definen si estos medios de transporte van a pertenecer al Confinatorio o serán subcontratados a otras empresas del territorio. Según algunos casos consultados de aplicaciones de sistemas de manejo de residuos, los medios de transportes lo asumen las propias empresas generadoras del residuo.

PASO4: Disponibilidades Logísticas necesarias

En este paso se realizarán las actividades siguientes: rutas de recorridos para el confinamiento, medios de contención, medios de manipulación, medios de almacenamiento, capacidades de almacenamiento, medios de transporte. Para la realización de estas actividades se emplearán las siguientes herramientas: tecnología de almacenamiento, procedimiento para diseño de almacenes, modelos matemáticos para diseño de las rutas de recolección, procedimiento para el cálculo de las necesidades de medios de transporte.

Cálculo de las Rutas de recorridos para el confinamiento de Mercurio

En este epígrafe se realiza la adecuación del Modelo matemático para calcular las rutas de los recorridos a ejecutar para recolectar todos los residuos para el Confinatorio.

El objetivo fundamental del problema consiste en minimizar los costos de las operaciones de traslado de los residuos desde las empresas identificadas hasta el Confinatorio, el cual ha sido concebido ubicarlo en la provincia de Cienfuegos.

Esta ubicación geográficamente es estratégica, pues esta provincia se encuentra casi en el centro del país, el cual por su forma alargada y estrecha permite establecer rutas de recorridos hacia las tres direcciones fundamentales, occidente, norte y oriente. Además considerando que más del 80% de los inventarios se ubican entre el centro y occidente del país la localización del Confinatorio en Cienfuegos tiene una justificación en mucho de los aspectos del proyecto.

Por ahora esta versión del modelo solamente se utiliza como elemento del costo de traslado las distancias a recorrer, sin considerar los tiempos de movimiento y de las otras operaciones que se describen en el proceso.

Como datos iniciales se cuenta con una Matriz de Distancias desde el Confinatorio hasta cada empresa y de cada empresa hasta el resto de los puntos. También se cuenta con una Matriz de Inventarios de Residuos, que toma los valores definidos por el Inventario de Residuos peligrosos confeccionado por el CITMA en el 2009, por lo que se harán algunas concepciones, pues no presenta toda la información necesaria sobre dichas cantidades, y condiciones en las que se encuentran dichos residuos. Adicionalmente se cuenta además con una Matriz de las Capacidades de los medios de transporte que serán asumidos para esta propuesta, según datos de la Empresa de Almacenes Universales S.A. Sucursal Centro.

Capítulo 3. Implementación

En la tabla siguiente se muestran las variables y sus definiciones correspondientes según las características del Modelo para realizar la recolección de los desechos de lámparas de mercurio, de los cuales existen 1 557 kg en el país.

No.	Variable	Descripción de la Variable
1	D_{ij}	Distancia desde la Empresa i a la j . considerando como el nodo 1 el Confinatorio y hasta la cantidad de empresas donde existen los Desechos de Lámparas de Mercurio (DLM). La Matriz de Distancias es de 12 filas por 12 columnas, por tanto i y $j = 1 \dots$ hasta $n = 12$.
2	I_i	Se refiere a la cantidad de kg de desechos de lámparas de mercurio que define el Inventario del CITMA para la Empresa i . Según el Inventario del CITMA en Cuba en el 2009 existían 1 557 kg de DLM .
3	C_k	Consiste en el vector que define las capacidades de los medios de transportes, en este caso $k = 1$ Camiones de 6 toneladas de capacidad, en el proyecto se definen 2 camiones pero no se definen sus capacidades en toneladas ni volumen.
4	X_{ijk}	Se refiere a una Variable Binaria que define si se usa la ruta desde la empresa i a la j utilizando el camión k . Esta variable solo toma valores de 0 o 1 en el caso de su afirmación si toma la ruta señalada por los nodos i y j .
5	Y_{ijk}	Se refiere a una Variable Binaria que define si el inventario de la empresa i utilizando el camión k . Esta variable solo toma valores de 0 o 1 en el caso de su afirmación si toma la ruta señalada por los nodos i y j .



Figura 18: Ubicación geográfica de las Empresas con DLM. Fuente: Elaboración propia.

La **Función Objetivo** concebida para determinar las rutas a seguir para recolectar DLM es:

DLM es:

$$Z = \text{Min} \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{12} D_{ij} X_{ij}$$

Se define como minimizar las distancias a recorrer desde las empresas 1 hasta la 12.

Se trata de minimizar las distancias a recorrer considerando que es directamente proporcional al costo del combustible que se consume en cada recorrido.

Dentro de las restricciones fundamentales que se consideran en este tipo de modelo se encuentran las siguientes:

R1. De Continuidad. Cuando un camión llega a un Empresa también debe continuar viaje hacia la próxima Empresa o regresar al Confinatorio.

$$\sum_{i \in V} X_{ijk} = \sum_{j \in V} X_{jik} = Y_{ijk} \forall i \in V; k = 1$$

R2. De Capacidad. Consiste en definir que la cantidad de kg de DLM del inventario en las empresas de cada ruta no debe exceder las capacidades del camión seleccionado (solo uno de los dos).

$$\sum_{i \in V} I_i Y_{ijk} \leq C_k \forall k = 1$$

R3. Variables Binarias

$$X_{ijk} \in \{0; 1\} \forall i, j \in V \text{ y } k = 1$$

$$Y_{ijk} \in \{0; 1\} \forall i, j \in V \text{ y } k = 1$$

En la actualidad existen varias soluciones informáticas que permiten resolver este tipo de problemas, dependencia del nivel de complejidad, como es el programa WINQSB, con el Modulo de Integer o Lineal Programing, pero por la baja complejidad del problema se realizó un análisis heurístico con el enfoque del método de las margaritas.

De este análisis se obtuvieron 2 rutas a realizar para recolectar los DLM, en las cuales se recorren aproximadamente un total de 1890.3 kilómetros para mover los 1557Kg de DLM.

Rutas propuestas para recolectar los DLM.

											km	kg	Cajas	Palets	tn
Ruta 1	C ₁	C ₁₁	C ₂	C ₁₂	C ₁						1341.4	804	81	11	0.80
Ruta 2	C ₁	C ₁₀	C ₉	C ₇	C ₄	C ₃	C ₅	C ₈	C ₆	C ₁	548.9	753	76	9	0.75
											1890.3	1557	157	20	1.75

Las rutas determinadas obedecen fundamentalmente a las distancias y ubicaciones de las empresas donde se encuentran los DLM, pues los inventarios son bajos y con un medio de transporte con una capacidad de 2 toneladas como mínimo.

La primera ruta va dirigida hacia Santiago de Cuba en la cual se encuentran aproximadamente 800 Kg, de ahí va a Ciego de Ávila para recoger 1 kg, sigue para Villa Clara y regresa al Confinatorio con un recorrido estimado de 1 341.4 km con 804 kg de DLM.

La segunda ruta va dirigida hacia Ciudad Habana como primer punto, después sigue hasta Habana del Este y de ahí continúa hacia Matanzas para volver al Confinatorio con aproximadamente 548.9 km y 753 kg de DLM, como se muestran en la figura 19.

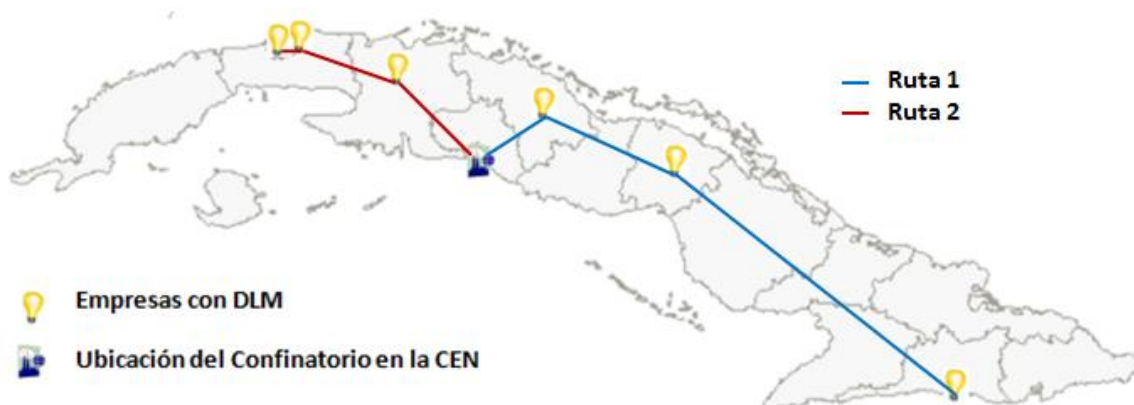


Figura 19: Rutas propuestas para trasladar los DLM hasta el Confinatorio. **Fuente:** Elaboración propia.

Con estas dos rutas se logra recolectar todos los Kg de DLM que se encuentran inventarios, según el informe del CITMA del 2009.

- **Medios de Contención o Unitarización necesarios**

El medio de Contención o Unitarizador es aquel elemento diseñado con el propósito de agrupar cargas, similares o no considerándolas de esta forma como un todo único en los procesos de transportación y almacenamiento adaptados para la mecanización de las operaciones de carga y descarga.

En este caso se pretende trasladar los residuos de lámparas de mercurio en camiones hasta el Confinatorio y luego trasladarlos hasta su almacenamiento en el Edificio Especial, por tanto se deben calcular la cantidad de medios unitarizadores necesarios para realizar las operaciones de manipulación de los residuos durante todo el proceso y su almacenamiento final.

El Medio de contención a utilizar van a ser la Paleta de intercambio 1 200 x1 000 mm y de 141 mm de altura, con capacidad de dinámica hasta 1 000 kg.

Para calcular el número de medios se utilizó la Tecnología de Almacenes de Torres Gemeil (2004), y el método de cálculo para los medios planos, en el cual se asumen los datos y condiciones siguientes:

En las empresas que acumulan lámparas de mercurio, estas serán trituradas y envasadas en bolsas plásticas adecuadas de un espesor de 160 – 200 μm , además poseerán un envase exterior con las siguientes características:

A continuación aparecen los envases propuestos.

- Cajas de cartón cuadradas de hasta 10 kg de capacidad con un peso vacío de 0.5 Kg, entonces el peso total de la caja alcanza un aproximado de **10.5 kg**.
- Dimensiones propuestas del Envase: 610 mm de largo, 432 mm de ancho y 600 mm de altura, como se muestra en la figura 18.

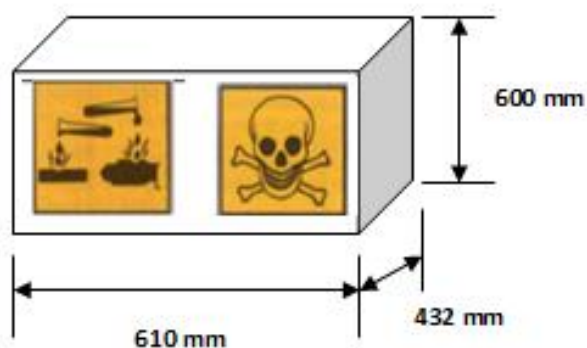


Figura 18: Propuesta de dimensiones para el medio de envase de los desechos de lámparas de mercurio. **Fuente:** Elaboración propia

Dadas las dimensiones dadas y asumidas para el análisis se obtiene un volumen de traslado de 1557 Kg, que representan ya envasados 156 cajas de 10.5 Kg cada una.

Con las dimensiones de la caja se busca la propuesta de esquema de carga del método de cálculo de los medios planos, el cual propone colocar 8 cajas por pallets (Esquema 7), esto representa un peso total de 112 kilogramos, es decir no exceden la capacidad dinámica del medio seleccionado.

Finalmente al dividir el volumen de carga a manipular y lo que puede colocarse sobre un palets, se obtiene que se necesiten 20 palets para colocar el volumen de desechos de lámparas de mercurio.

(Ver Anexo 22 de Esquemas de Cargas y guía para la selección de esquemas de Cargas para envases cuadrados).

- **Medios de Manipulación necesarios**

Para el volumen de carga estimado con los medios de manipulación disponibles en el proyecto del Confinatorio son suficientes para realizar las operaciones de carga y descarga.

- **Medios de Almacenamiento necesarios**

Para almacenar el volumen de carga estimado de este residuo, por las características de los envases y del medio unitarizador seleccionado se decide mantener la misma forma de almacenamiento definida en el proyecto del Confinatorio “en Bloques”, donde los mismos palets servirán de medios de almacenamiento.

- **Capacidades de Almacenamiento necesarias**

Para el cálculo de las capacidades de almacenamiento en el procedimiento se propone utilizar la Tecnología de Almacenamiento de Torres Gemeil (2004) y el de Diseño de Almacenes de Brito Brito (2009), pero dada la insuficiencia de informaciones en el proyecto del Confinatorio se utilizan los métodos estimados.

Según el Volumen de carga estimado para este residuo y el medio de almacenamiento seleccionado se estima un área de almacenamiento de 26 m^2 , para colocar los 20 palets y dejando una separación u holgura de 100 mm entre cada paleta.

Además con la altura de la caja y del palets, la altura necesaria de almacenamiento necesaria es de 1341 mm, es decir, 1,341 m, lo que representa un volumen de almacenamiento estimado de 34.8 m^3 .

Cuando se analizan las capacidades de almacenamiento disponibles definidas por el proyecto del Confinatorio existe suficiente capacidad para almacenar estos residuos en el Edificio Especial.

- **Medios de Transporte necesarios**

Según se define en el proyecto del Confinatorio las disponibilidades concebidas para los medios de transporte son suficientes para trasladar el volumen de estimado de este residuo (1557 Kg). Los 20 medios de almacenamiento seleccionados ya cargados alcanzan un peso total de 2240 kilogramos (2.240 toneladas), aun no alcanza la capacidad concebida para estos medios, los cuales se estiman tengan una capacidad de entre 6 y 10 toneladas.

3.2.3.- Etapa III: Diseño del Proceso Logístico

Como se describió en el capítulo anterior esta etapa tiene como objetivos principales diseñar y documentar el proceso logístico de recolección de los residuos y establecer el sistema de control para garantizar la seguridad del mismo durante su ejecución.

- **Paso 5: Documentación del Proceso**

Para la documentación del proceso se utilizó el procedimiento de Brito Brito 2011, para el diseño de sistemas de control de gestión por procesos, el cual contiene una serie de herramientas a desarrollar para obtener todos los elementos que describen el proceso desde su concepción.

Según Brito Brito (2011), toda organización puede representarse como una compleja red de elementos que realizan actividades que les permiten interrelacionarse unas con otras para alcanzar los fines (misión) del sistema y cada una de estas interrelaciones puede representarse y gestionarse como un proceso. Atendiendo a su finalidad, los procesos pueden clasificarse en tres categorías: Procesos Estratégicos, Procesos Claves, y Procesos de Soporte o Apoyo.

Procesos Estratégicos: Son procesos destinados a definir y controlar las metas de la organización, sus políticas y estrategias. Permiten llevar adelante el desarrollo de la organización. Se encuentran relacionados directamente con la misión/ visión de la organización. Involucran personal de primer nivel de la organización. Afectan a la organización en su totalidad. Entre algunos ejemplos de ellos se tienen a la dirección estratégica (tanto su formulación como su implantación), el control, Gestión de la calidad, entre otros.

Procesos Operativos o Claves: Son procesos que permiten generar el producto/ servicio que se entrega al cliente, por lo que inciden directamente en la satisfacción del cliente final. Generalmente dependen del desempeño de más de una función. Algunos ejemplos de este tipo de proceso son los relacionados con el desarrollo de productos, producción en general, logística integral y atención al cliente entre otros.

Procesos de Soporte o Apoyo: Son los que apoyan a los de tipo operativo. Sus clientes son internos. Ejemplos de ellos son los relacionados con las Compras, sistemas, Información, gestión de recursos de todo tipo, entre otros.

Si se visualiza el Confinatorio como una organización el proceso de gestión logística de los desechos peligrosos puede ser clasificado como proceso de apoyo ya que, garantiza el traslado y almacenamiento de estos para posteriormente serán tratados químicamente y confinados.

Según el Convenio de Basilea desde el momento de su generación hasta su ingreso en una instalación de reciclaje, tratamiento o disposición final, los residuos peligrosos siguen una serie de etapas, que en forma genérica las podemos agrupar de la siguiente manera: Acondicionamiento, Transporte y Almacenamiento.

El proceso de gestión logística de las lámparas y desechos de lámparas de mercurio, también contienen estas actividades genéricas y se inician desde el acondicionamiento del desecho hasta su almacenamiento en las áreas que se han definido del Confinatorio, como se muestra en la figura 19.



Figura 19: Operaciones generales del proceso de gestión logística para los desechos de lámparas de mercurio. **Fuente:** Elaboración propia

El **acondicionamiento de este residuo** consiste en la preparación de la sustancia o del objeto que lo contiene para garantizar un traslado hasta el Confinatorio con el menor riesgo posible.

En el caso de los desechos de lámparas de mercurio, en esta operación se realizará el envasado, etiquetado y Unitarizador de los residuos para transportarlo.

Envasado y embalado: Actualmente en el mercado existe una amplia disponibilidad de contenedores para el envasado de los diferentes tipos de residuos, tanto para sólidos como para líquidos. A la hora de seleccionar un contenedor es muy importante tener en cuenta los siguientes criterios:

- El material debe ser compatible con el residuo.
- Presentar resistencia a los golpes y durabilidad en las condiciones de manipulación a las que serán sometidos.
- Permitir contener los residuos en su interior sin que se originen pérdidas al ser manipulados.
- Se deben tener en cuenta las limitaciones que puedan surgir por la forma de manejo, almacenamiento, transporte, tratamiento o disposición final al que serán sometidos los residuos.

Los contenedores más comunes disponibles en el mercado son de plástico (polietileno de alta densidad) y acero (al carbón galvanizado o inoxidable), las formas son cilíndricas, con tapa rosca o tapa y suncho,

en volúmenes de 60 a 200 litros. Otros contenedores pueden ser cajas de cartón, cajones de madera o metálicos, bolsas especiales y distintas combinaciones. Para pequeñas cantidades de líquidos se pueden usar envases de vidrio colocándolos dentro de otros contenedores rellenos con material adsorbente.

Los desechos de lámparas de mercurio son objetos de un tamaño relativamente pequeño que contienen el mercurio, por lo que se recomienda que sean embalados en pequeños contenedores que pueden ser cajas de cartón, cajones de madera o metálicos y distintas combinaciones.

Etiquetado: El etiquetado tiene como principal objetivo identificar el residuo peligroso y reconocer la naturaleza del peligro que representa, alertando a las personas involucradas en el transporte o manejo sobre las medidas de precaución y prohibiciones.

Los envases de residuos peligrosos deben estar debidamente identificados por medio de etiquetas de riesgo, especificando la identidad, cantidad, procedencia del residuo y la clase de peligro involucrado.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) establece listas en las cuales se identifican las sustancias peligrosas, asignándoles un número de cuatro dígitos, así mismo establece una clasificación de riesgos dividida en 9 grupos con varias divisiones y los modelos de símbolos o pictogramas de las etiquetas de riesgo con las cuales se deben identificar los envases. Los países adoptan estas recomendaciones generales en sus normativas. **(Ver Anexo 14).**

En el caso de los desechos de lámparas de mercurio se utilizan unas etiquetas que identifican el residuo según la clasificación definida en la ONU, como se muestra en la figura 20.

Las etiquetas tienen forma de un cuadrado apoyado sobre uno de los vértices, de 10 x 10 cm. En los casos que los materiales presenten más de un riesgo importante se utilizarán etiquetas para indicar el riesgo primario y secundario, colocadas una al lado de la otra.

El envase contará además con una etiqueta de identificación del residuo y el Área Generadora, donde figure el número del registro. Además se detalla en el idioma local con letra legible y de tamaño apropiado la fecha de entrada al almacén. Todas las etiquetas deben ser resistentes a la intemperie y estar pegadas al envase en un lugar visible, sobre un color contrastante.



Figura 20: Etiqueta propuesta para la identificación de desechos de lámparas de mercurio. **Fuente:**
Elaboración propia

Unitarización: Esta actividad consiste en la organización de los residuos para optimizar las operaciones de manipulación de residuos. Este residuo a pesar de no tener concebido con exactitud en el Inventario del CITMA sus características actuales como se propuso anteriormente utilizar embalajes en forma de cajas, su propuesta de unitarización puede ser utilizando medios de almacenamientos planos, es decir Palets, y los más usados en Cuba son los denominados paletas de intercambio con dimensiones de 1200mmx1000mm.

Con la Unitarización: del Residuo se puede iniciar las operaciones carga hacia el medio de transporte para ser **Trasladado hasta el Confinatorio**. Esta operación se inicia con la **Carga del Residuo** sobre el medio de transporte seleccionado, para ello se recomiendan medios de manipulación para agilizar dicha actividad y disminuir el contacto del personal con el mercurio contenido en estos envases.

Una vez terminada la carga del residuo sobre el camión si el camión completó su capacidad o recorrido planificado se Traslada hacia el Confinatorio, utilizando las medidas de seguridad máxima durante su movimiento para no ocasionar accidentes y que los residuos puedan derramarse por cualquier motivo.

El transporte es una operación intermedia entre el Acondicionamiento y el Almacenamiento de los residuos, la cual tiene el objetivo de lograr que el transporte de residuos peligrosos se realice con

riesgos mínimos tanto para los operadores como para el resto de la población y el medio ambiente, muchos países han definido las condiciones en que debe realizarse esta actividad, así como las responsabilidades correspondientes.

Entre las responsabilidades que debe tener el transportista se encuentran las siguientes:

- Contar con la autorización para el transporte del tipo específico de residuos de que se trate.
- Contar con unidades adecuadas a las características de los residuos peligrosos que transportan.
- Identificar la unidad de transporte con los datos de la empresa (razón social, dirección y teléfono).
- Colocar señalizaciones de peligro, de acuerdo a las características de los residuos transportados.
- Transportar sólo los residuos correctamente acondicionados, etiquetados y documentados.
- Utilizar rutas de bajo riesgo, previamente establecidas.
- Proteger la carga durante el transporte de minimizar riesgos.
- Capacitar a los choferes
- Someter a los vehículos a inspecciones técnicas periódicas.
- Gestionar adecuadamente los documentos de la carga, de acuerdo a las exigencias correspondientes.
- La unidad debe contar con equipo de comunicaciones.
- Garantizar que las maniobras de carga y descarga se realicen por personal capacitado, con el equipo de protección personal adecuado y de manera de minimizar los riesgos, siguiendo protocolos establecidos.
- Conocer los planes a seguir en caso de emergencias y contar con los elementos necesarios para su implementación.
- Mantener estadísticas de accidentes e incidentes tanto de las unidades como del personal e implementar medidas de mejora continua.

Se recomienda que se deban analizar las propuestas de servicios de seguros que cubran los daños al medio ambiente, a las personas o sus bienes ocasionados por accidentes en el transporte.

Para el traslado del residuo es importante la utilización de los documentos de **identificación de los residuos peligrosos**, son denominados generalmente "**manifiestos de carga**". Estos documentos, cuyo uso es obligatorio, cuentan con información sobre la naturaleza y cantidad de los residuos, su

origen, la constancia de entrega del generador al transportista y del transportista a destinatario y los procesos a los que serán sometidos los residuos.

Al llegar el transporte con los residuos al Confinatorio se inician las actividades de Almacenamiento, las cuales comprenden todas las operaciones que se realizan desde la recepción del Residuo, su descarga y hasta su ubicación en las instalaciones concebidas para su almacenamiento.

La actividad de **Almacenamiento de Residuos** consiste en la contención temporaria de los mismos en un depósito especialmente acondicionado, a la espera de reciclaje, tratamiento o disposición final. Si bien el depósito puede estar dentro o fuera de la propiedad donde se generan los residuos, los requerimientos de diseño y operación serán similares y estarán condicionados por el o los tipos de residuos manejados.

El tiempo de almacenamiento debe ser lo más breve posible, en Europa y Estados Unidos el tiempo suele variar entre 1 y 3 meses. En países que no cuentan con una adecuada infraestructura para el tratamiento y disposición de los residuos peligrosos, los tiempos pueden ser mucho mayores.

Para el caso de los desechos de lámparas de mercurio, como se mencionó anteriormente serán almacenados en el Edificio Especial, por un tiempo determinado para posteriormente realizar su confinamiento en el Edificio del Reactor.

Aunque si por alguna causa justificada la duración del almacenamiento no pueda ser definida claramente, se deben tomar medidas y realizar controles similares a los que se realizarían en instalaciones de disposición final. En estos casos se debe prestar especial atención, de forma que el almacenamiento no constituya una forma de disposición incontrolada.

En los depósitos los residuos pueden ser almacenados a granel o previamente acondicionados en distintos tipos de contenedores debidamente estibados. Para el caso de líquidos a granel se pueden utilizar tanques aéreos o enterrados, mientras que para los sólidos se utilizarán silos o plataformas especialmente acondicionadas.

Condiciones que deben cumplir los depósitos

Ubicación: El área de emplazamiento se seleccionará en base a un estudio que garantice que los riesgos para la salud y el medio ambiente sean mínimos. Como criterios de exclusión se deberán considerar entre otros la cercanía a zonas densamente pobladas, a fuentes de agua potable o a edificios

públicos, la posibilidad de inundaciones, el grado de vulnerabilidad del acuífero. Debe tener un fácil acceso y contar con servicios de electricidad, agua potable y comunicaciones.

Cercado y señalización: El propiedad de emplazamiento deberá estar debidamente cercado de forma de impedir el acceso de personas ajenas a las instalaciones. Asimismo deberá estar claramente señalizado con leyendas, indicando que se trata de un depósito de residuos peligrosos y pictogramas con el símbolo de peligro (Calavera con huesos cruzados).

Diseño apropiado: el lugar deberá estar diseñado de acuerdo con la naturaleza y volumen de los residuos a ser almacenados, así como con la forma de estiba a ser empleada.

Los criterios generales que debe contemplar el diseño de las zonas de almacenamiento son:

- Minimizar riesgos de explosión o emisiones no planificadas
- Disponer de áreas separadas para residuos incompatibles
- Estar protegido de los efectos del clima
- Contar con buena ventilación
- Ser techados
- Tener pisos estancos, impermeables y resistentes química y estructuralmente
- No tener conexiones a la red de drenaje
- Poseer sistema de recolección de líquidos contaminados
- Permitir la correcta circulación de operarios y del equipamiento de carga
- Contar con salidas de emergencia
- Contar con sistemas de control de la contaminación de acuerdo al tipo de residuos manejados

En caso de no ser techado se deberá contar con un sistema de contención y control de líquidos.

Seguridad: El depósito deberá contar con sistema de control de fuego adecuado al tipo de residuos que se maneja. Se dispondrá además de botiquines de primeros auxilios, duchas de emergencia y sistema de lavado de ojos. Los operarios contarán con los equipos de protección personal que sean necesarios.

Manual de operación: se deberá disponer de un manual con instrucciones para la operación general del depósito y de todo el equipamiento, programas de inspección, así como los procedimientos sobre higiene y seguridad. El manual será actualizado regularmente y estará disponible para todo el personal.

Planes de contingencia: se deberá contar con planes y procedimientos de emergencia dirigidos a garantizar la respuesta rápida y apropiada para aquellas situaciones que así lo ameriten. Se prestará especial atención a existencia de procedimientos para derrames, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para la contención y re envasado de los mismos.

Capacitación: quienes realizan tareas dentro depósito tienen que contar con capacitación sobre procedimientos de trabajo, medidas de precaución y seguridad, procedimientos de emergencia y conocer los riesgos a los que están expuestos.

Para el almacenamiento de los desechos de lámparas de mercurio se tiene concebido la utilización de los mismos medios de Unitarización los cuales serán colocados directamente sobre el piso en forma de bloque en un área bien delimitada para su cuidado y conservación.

- **PASO 6: Sistema de Control del Proceso**

En este paso como se mencionó en el capítulo anterior se deben concebir los indicadores de control y seguridad que van a gestionarse durante este proceso para monitorear su desempeño y minimizar la ocurrencia de accidentes que afecten el medio ambiente y la salud de las personas.

Para esta etapa inicial de la implementación del procedimiento propuesto no será diseñado el sistema de control para el proceso.

Aunque se han identificado los riesgos más probables a ocurrir durante la ejecución de este proceso, utilizando el procedimiento de Trabajo Seguro (AST), en el cual se identifican por cada actividad concebida los riesgos, sus consecuencias y las medidas que se proponen para su eliminación o minimización, (**Ver Anexo 21**).

3.3 Conclusiones Parciales del Capítulo 3

De los resultados obtenidos en este capítulo se han arribado a las conclusiones siguientes:

- En Cuba se genera anualmente de más de un millón de toneladas de desechos peligrosos, los cuales son controlados por el CITMA y según datos del Inventario del 2009 la mayor parte se localizan entre el occidente y centro del país, con un 48,88% y 38,46%, respectivamente.

- El Estado Cubano ha propuesto la creación de un Confinatorio en las instalaciones de la ex CEN ubicada en la provincia de Cienfuegos, en el cual se realice a nivel nacional el almacenamiento, tratamiento y disposición final de todos los residuos peligrosos identificados en el País.
- Para desarrollar este proyecto es necesario la implementación de un procedimiento de gestión logística de estos residuos, que garantice la manipulación, transporte, almacenamiento y tratamientos con el menor riesgo posible y cumplimiento de las normativas vigentes.
- Los desechos de lámparas de mercurio son uno de los residuos que se van a confinar en la primera etapa del proyecto, los cuales contienen aproximadamente 1 557 kg, y se encuentran hoy almacenados en 4 empresas del país.
- Con la implementación del procedimiento propuesto se identifican las características esenciales de las lámparas de mercurio, así como se realiza un análisis de las disponibilidades existentes y necesarias y se describe de manera general las actividades del proceso con los principales riesgos asociados a las mismas.
- Para la implementación del procedimiento se aplica un modelo matemático para determinar las rutas a seguir para la recolección localizados a nivel nacional, obteniéndose dos rutas principales, una que agrupa todas las empresas de las provincias de Santiago de Cuba, Ciego de Ávila y Villa Clara y otra que acoge la provincia de Ciudad Habana y Matanzas.

Conclusiones Generales

Dados los resultados y análisis realizados se han arribado a las conclusiones siguientes:

- La generación de desechos en el mundo ha traído un aumento progresivo de los niveles de riesgo para la humanidad y para el medio ambiente, solución encaminada a reducir este impacto es la utilización de la logística inversa como una herramienta que ayuda a preservar el medio ambiente mediante el reciclaje, reutilización y reducción de materiales.
- En Cuba se genera más de un millón de toneladas anuales de residuos peligrosos, para la minimización y el buen manejo de estos en el país se está realizando un conjunto de acciones, entre ellas la creación de un Confinatorio de Desechos Peligrosos que tendrá lugar en la provincia de Cienfuegos.
- El procedimiento diseñado permite organizar y controlar las actividades y los recursos mediante un conjunto de herramientas que están encaminadas a lograr una gestión integral de todos los residuos peligrosos identificados en el país para ser confinados y establecer la estrategia de tratamiento final.
- Con la implementación del procedimiento propuesto, en los desechos de lámparas de mercurio, se identifican las características esenciales de estos, así como un análisis de las disponibilidades logísticas existentes y necesarias, se describe de manera general las actividades del proceso con los principales riesgos asociados a las mismas y se aplica un modelo matemático para determinar las rutas a seguir, para la recolección de los desechos de lámparas de mercurio localizados a nivel nacional.

Recomendaciones

Después de terminada la investigación se proponen las recomendaciones siguientes:

- Realizar un inventario de desechos peligros actualizado, además que se incluya, los desechos de lámparas de las zonas residenciales y empresas.
- Capacitar al personal que va a trabajar con estos residuos para que no ocurran accidentes.
- Implementar el procedimiento para los demás residuos que se encuentran en el inventario del CITMA.
- Analizar posibilidades de incluir la variable tiempo para considerarla dentro de los aspectos a minimizar en el modelo para determinar las rutas a seguir para trasladar los residuos.
- .Contemplar la posibilidad de un área de trituración de las lámparas para la recolección del mercurio para su posterior recuperación .El vidrio puede ser reciclable.

Bibliografía:

- Acevedo Suárez, J. A., Urquiaga Rodríguez, A. J., & Gómez Acosta, M. I. (2001). *Gestión de la Cadena de Suministro*. La Habana: Ed. ISPJAE.
- AlvarezRossell, S. (2005, Año, No. 9). Manejo de desechos peligrosos en cuba. Situación actual y perspectivas, (Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente).
- Balcázar, G. (2011, Diciembre). Reciclaje de lámparas de mercurio, (Energía 360).
- Balli Morales, B. (n.d.). *La Logística Reversa o Inversa, Aporte al Control de Devoluciones y Residuos en la Gestión de la Cadena de Abastecimiento*. Facultad de Negocios Internacionales de la Universidad Santo Tomás. Retrieved from basioballi@usantotomas.edu.co
- Carrefour. (n.d.). *La implantación de la Logística Inversa en una Multinacional de la Distribución*.
- Centro Administrativo Distrital. (2012). *Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos*. Bogotá Colombia.
- Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. (1997). *Introducción a la toxicología ambiental*. Metepec: ECO.
- CITMA. Resolución 87 (1999).
- Conejero González, H., Corzo Bacallao, J. ., Lugo González, M., & Torres Gemeil, M. (2008). *Logística Inversa*. Ciudad Habana. Cuba.
- Corporación peruana de aeropuertos y aviación comercial, & CORPAC S.A. (2008). *Instructivo de trabajo ambiental para la gestión de residuos peligrosos generados en CORPAC s.a*. Lima, Perú.
- Díaz, A., Álvarez, M. J., & González, P. (2004). *Logística inversa y medioambiental*. Madrid: editorial McGraw-Hill.
- Dirección de proyectos de agua, suelo y residuos. (2002). *Residuos de Lámparas Fluorescentes*. México.
- García, M., Molina, E., Terry, C., & Otros. (1995). Aspectos metodológicos de la evaluación de riesgos para la salud por exposición a desechos peligrosos, (Revista Cubana Higiene Epidemiol).
- Gómez Montoya, R. A., Zuluaga Mazo, A., & .Correa Espinal, A. A. (2014). *Propuesta de sistema de logística inversa para el sector hospitalario: un enfoque teórico y práctico en Colombia*. Colombia.
- Hernández, F., & Valle, R. (1992a). *Manejo y disposición de residuales peligrosos en Cuba*. En: *Memorias del Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. (Vol. Tomo II). La Habana: AIDIS.

- Hernández, F., & Valle, R. (1992b). *Manejo y disposición de residuales peligrosos en Cuba*. En: *Memorias del Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. (Vol. Tomo II). La Habana: AIDIS.
- Hevia Lanier, F. (2008). *Metodología de diseño de la cadena de suministro inversa. Una contribución a la logística reversa*. Instituto superior politécnico "JoséAntonioEcheverría," la habana.
- Instituto Tecnológico de Minatitlán (ITM). (2011). *Procedimiento para el Manejo Integral de Residuos Peligrosos*. México.
- Lemaire, B.: *Problemes des TourneesavecContraintsMultiples*. These de Doctor-Ingenieur: Mathematiques, presente a L'Univerite París VI. Diciembre 1971.
- Ley 81 de Medio Ambiente (1997).
- Maeso González, E. (n.d.-a). *Logística Inversa: Realidad o Desafío*. II Conferencia de Ingeniería de Organización.
- Maeso González, E. (n.d.-b). *Logística Inversa: Realidad o Desafío*. II Conferencia de Ingeniería de Organización.
- MÁRQUEZ ROMEGIALLI, F. (n.d.). *Manejo seguro de residuos peligrosos*. Universidad de concepción, chile.
- Martínez, J. (2005a). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fichas Temáticas*. (Vol. Tomo II). Centro coordinador del convenio de basilea para américa latina y el caribe.
- Martínez, J. (2005b). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos* (Vol. Tomo I). Centro coordinador del convenio de basilea para américa latina y el caribe.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Colombia.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio, & Ambiente (CITMA). Reglamento para el manejo integral de desechos peligrosos., Pub. L. No. Resolución No. 136 (2009).
- Naciones Unidas. (1989). *Programa para el medio ambiente. Convenio de Basilea sobre los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación final. Acta Final*. Nairobi.
- Pérez Fernández, Damayse Ramona. (2006). *Procedimiento para la Gestión de Seguridad y Salud*. Monografías.com. Recuperado a partir de <http://www.monografias.com/trabajos28/procedimiento-gestion-seguridad-salud/procedimiento-gestion-seguridad-salud.shtml#ixzz2JPSJ MID3>.
- Procedimiento para la Transportación de Sustancias peligrosa.

- Proyecto de Colaboración CONAMA/GTZ Gobierno de Chile y Alemania. (2005). *Guía para la elaboración de planes de manejo de residuos peligrosos*. Chile.
- Rodríguez, J. J., & Irabien, A. (1999). *Los Residuos Peligrosos: caracterización, tratamiento y gestión*. España: Editorial Síntesis, S.A.
- Rogers & Tibben-Lembke. (2003). *Reverse Logistics Executives Council*.
- Rubio Lacoba, S., & T. Bañegil. (n.d.). *El diseño de la función inversa de la Logística: Aspectos Estratégicos, Tácticos y Operativos*. XI Congreso ACEDE.
- Solano Torres, A. (2013, 2014). *Proyecto Confinatorio*. Universidad de Cienfuegos.
- Universidad Complutense. (2007). *Manual de Gestión de Residuos Peligrosos*. Madrid.
- Universidad de Burgos. (n.d.). *Procedimiento para la gestión de residuos*. México.
- Universidad de Caldas. (2013). *Plan de gestión integral de residuos peligrosos*. Colombia. Universidad de Concepción. (2009). *Plan de manejo de residuos peligrosos*. Colombia.
- Universidad Nacional de Colombia. (2008). *Procedimiento: Gestión Integral de Residuos Peligrosos en los Laboratorios*. Colombia.
- VII Congreso de Medio Ambiente. (2012). *Lineamientos para la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso en la República Argentina*. Argentina.
- Villa Glez del Pino, Eulalia M, & Pons Murguía, Ramón Ángel. (2006). *Gestión por Procesos*. Monografía. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.

Anexo1:Tipos de corrientes o procesos que generan desechos, Desechos que tengan como constituyentes Fuente: Convenio de Basilea, 1989.

Anexo I: Corrientes de desechos	Anexo I: Desechos que tengan como constituyentes
Y1 Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.	Y19 Metales carbonilos
Y2 Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.	Y20 Berilio, compuestos de berilio
Y3 Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.	Y21 Compuestos de cromo hexavalente
Y4 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos.	Y22 Compuestos de cobre
Y5 Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.	Y23 Compuestos de zinc
Y6 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.	Y24 Arsénico, compuestos de arsénico
Y7 Desechos, que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple.	Y25 Selenio, compuestos de selenio
Y8 Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.	Y26 Cadmio, compuestos de cadmio
Y9 Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.	Y27 Antimonio, compuestos de antimonio
Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilospoliclorados (PCB), terfenilospoliclorados (PCT) o bifenilopolibromados (PBB).	Y28 Telurio, compuestos de telurio
Y11 Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.	Y29 Mercurio, compuestos de mercurio
Y12 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.	Y30 Talio, compuestos de talio
Y13 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.	Y31 Plomo, compuestos de plomo
Y14 Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.	Y32 Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Y15 Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente.	Y33 Cianuros inorgánicos
Y16 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.	Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
Y17 Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos.	Y35 Soluciones básicas o bases en forma sólida
Y18 Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.	Y36 Asbesto (polvo y fibras)
	Y37 Compuestos orgánicos de fósforo
	Y38 Cianuros orgánicos
	Y39 Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
	Y40 Éteres
	Y41 Solventes orgánicos halogenados
	Y42 Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
	Y43 Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranospoliclorados
	Y44 Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
	Y45 Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).

Anexo 2: Lista de características peligrosas.Fuente: Convenio de Basilea, 1989

ClaseN.U.	Código	Características
1	H1	Explosivos: Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.
3	H3	Líquidos inflamables: Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. Pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65.6°C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición)
4.1	H4.1	Sólidos inflamables: Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
4.2	H4.2	Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea: Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
4.3	H4.3	Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables. Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
5.1	H5.1	Oxidantes. Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
5.2	H5.2	Peróxidos orgánicos. Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
6.1	H6.1	Tóxicos (venenos) agudos. Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
6.2	H6.2	Sustancias infecciosas. Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
8	H8	Corrosivos. Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
9	H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua. Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
9	H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos). Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis.
9	H12	Ecotóxicos. Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
9	H13	Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.

Nota: Clase N.U. Corresponde al sistema de numeración de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988).

Anexo 3: Catálogo Europeo de Residuos. Fuente: Convenio de Basilea, 1989

Catálogo Europeo de Residuos (Resumen del Catálogo)

05 07 Residuos de la purificación del gas natural

- 05 07 01* Lodos que contienen mercurio

06 04 Residuos que contienen metales

- 06 04 04* Residuos que contienen mercurio

16 05 Gases y productos químicos en recipientes

- 16 06 03* Pilas que contienen mercurio

20 RESIDUOS MUNICIPALES Y RESIDUOS ASIMILABLES PROCEDENTES DE LOS COMERCIOS, INDUSTRIAS E INSTITUCIONES, INCLUYENDO LAS FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE

- 20 01 21* Tubos fluorescentes y otros residuos que contienen mercurio

Directivas de la Comunidad Europea

2001/532/CE, 2000/532/CE, 94/3/CE, 91/689/CEE y 75/442/CEE.

Características

H1. Explosivo: se aplica a sustancias y preparados que pueden explotar bajo el efecto de la llama o que son más sensibles a los choques o las fricciones que el dinitrobenzén.

H2. Comburente: se aplica a sustancias y preparados que presentan reacciones altamente exotérmicas al entrar en contacto con otras sustancias, en particular sustancias inflamables.

H3-A. Fácilmente inflamables: se aplica a sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación inferior a 21 °C, o sustancias o preparados que puedan calentarse y finalmente inflamarse en contacto con el aire a temperatura ambiente sin aplicación de energía, o sustancias o preparados sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúen ardiendo o consumiéndose después del alejamiento de la fuente de ignición, o sustancias o preparados gaseosos que sean inflamables en el aire a presión normal, o sustancias o preparados que, en contacto con agua o con aire húmedo, emitan gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.

H3-B. Inflamable: se aplica a sustancias o preparados líquidos que tengan un punto de inflamación superior o igual a 21 °C e inferior o igual a 55 °C.

H4. Irritante: se aplica a sustancias y preparados no corrosivos que puedan causar reacción inflamatoria por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas.

H5. Nocivo: se aplica a sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos de gravedad limitada para la salud.

H6. Tóxico: se aplica a sustancias y preparados (incluidos los preparados y sustancias muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.

H7. Cancerígeno: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.

H8. Corrosivo: se aplica a sustancias o preparados que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.

H9. Infecciosos: se aplica a sustancias que contienen microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos.

H10. Teratogénico (Tóxico para la reproducción): se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir malformaciones congénitas no hereditarias o aumentar su frecuencia, o afectar en forma negativa a la función o capacidad reproductora masculina o femenina.

H11. Mutagénico: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.

H12. Sustancias o preparados que emiten gases tóxicos o muy tóxicos al entrar en contacto con el aire, agua o algún ácido.

H13. Sustancias o preparados susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera, por ejemplo, un lixiviado que posee alguna de las características enumeradas anteriormente.

H14. Ecotóxico: se aplica a sustancias y preparados que presentan o pueden presentar riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente.

122

	 Inflamables	 Explosivos	 Tóxicos	 Comburentes	 Nocivos Irritantes	 Corrosivos
 Inflamables	+	-	-	-	+	-
 Explosivos	-	+	-	-	-	-
 Tóxicos	-	-	+	-	+	-
 Comburentes	-	-	-	+	o	-
 Nocivos Irritantes	+	-	+	o	+	-
 Corrosivos	-	-	-	-	-	+
+	Se pueden almacenar conjuntamente					
o	Solamente podrán almacenarse juntas si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención					
-	No deben almacenarse juntas					

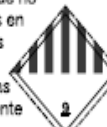
Tablas de incompatibilidades

GRUPO A-1	GRUPO B-1
a) Lodo de acetileno b) Líquidos fuertemente alcalinos c) Líquidos de limpieza alcalinos d) Líquidos alcalinos corrosivos e) Líquido alcalino de batería f) Aguas residuales alcalinas g) Lodo de cal y otros álcalis corrosivos h) Soluciones de cal i) Soluciones cáusticas gastadas	a) Lodos ácidos b) Soluciones ácidas c) Ácidos de batería d) Líquidos diversos de limpieza e) Electrolitos ácidos f) Líquidos utilizados para grabar metales g) Componentes de líquidos de limpieza h) Baños de decapado y otros ácidos corrosivos i) Ácidos gastados j) Mezcla de ácidos residuales k) Ácido sulfúrico residual
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-1 con los del GRUPO B-1: generación de calor, reacción violenta.	
GRUPO A-2	GRUPO B-2
a) Desechos de asbesto b) Desechos de berilio c) Embalajes vacíos contaminados con plaguicidas d) Desechos de plaguicidas e) Otras sustancias tóxicas	a) Solventes de limpieza de componentes electrónicos b) Explosivos obsoletos c) Desechos de petróleo d) Desechos de refinerías e) Solventes en general f) Desechos de aceite y otros desechos inflamables y explosivos
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-2 con los del GRUPO B-2: emisión de sustancias tóxicas en caso de fuego o explosión.	
GRUPO A-3	GRUPO B-3
a) Aluminio b) Berilio c) Calcio d) Litio e) Potasio f) Sodio g) Zinc en polvo, otros metales reactivos e hidruros metálicos	Desechos del GRUPO A-1 o B-1
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-3 con los del GRUPO B-3: fuego o explosión, generación de hidrógeno gaseoso inflamable.	

GRUPO A-4	GRUPO B-4
a) Alcoholes b) Soluciones acuosas en general	a) Desechos concentrados de los GRUPOSA-1 o B -1 b) Calcio c) Litio d) Hidruros metálicos e) Potasio f) SO_2Cl_2 , SOCl_2 , PCl_3 , CHSiCl_3 y otrosdesechos reactivos con agua
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-4con los del GRUPO B-4: Fuego, explosión o generación de calor, generación de gases inflamables o tóxicos.	
GRUPO A-5	GRUPO B-5
a) Alcoholes b) Aldehídos c) Hidrocarburos halogenados d) Hidrocarburos nitrados y otroscompuestos reactivos, y solventes e) Hidrocarburos insaturados	a) Desechos del GRUPO A-1 o B-1 b) Desechos del GRUPO A-3
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-5 con los del GRUPO B-5: fuego, explosión oreacción violenta.	
GRUPO A-6	GRUPO B-6
Soluciones gastadas de cianuros osulfuros	Desechos del GRUPO B-1
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-6 con los del GRUPO B-6: fuego, explosión oreacción violenta.	
GRUPO A-7	GRUPO B-7
a) Cloratos y otros oxidantes fuertes b) Cloro c) Cloritos d) Ácido crómico e) Hipocloritos f) Nitratos g) Ácido nítrico humeante h) Percloratos i) Permanganatos j) Peróxidos	a) Ácido acético y otros ácidos orgánicos b) Ácidos minerales concentrados c) Desechos del GRUPO B-2 d) Desechos del GRUPO A-3 e) Desechos del GRUPO A-5 y otrosdesechos combustibles inflamables
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-7 con los del GRUPO B-7: fuego, explosión oreacción violenta.	

Anexo 5. Algunos símbolos universales de identificación de peligros. Fuente: Convenio de Basilea, 1989.

	Símbolo Universal de Riesgo Biológico
	Irritantes. Provocan afectaciones locales reversibles como inflamación en los tejidos expuestos.
	Nocivas: sustancias que si son inhaladas, ingeridas o absorbidas a través de la piel pueden traer efectos sobre la salud.
	Corrosivas. Destruyen las superficies con las que entran en contacto.
	Tóxicas, Cualquier material que pueda dañar al individuo, con efectos agudos o crónicos (desde una irritación local hasta la muerte).
	Altamente tóxicas o venenosas: Sustancias que pueden tener efectos agudos o crónicos en extremo serios e incluso letales.
	Inflamables: Son las que arden fácilmente, entre temperaturas de 21 °C o más y hasta los 56 °C

Clase 1 <big>1</big> Explosivos División 1.1 Explosivos con riesgo de explosión en masa División 1.2 Explosivos con riesgo de proyección División 1.3 Explosivos con riesgo predominante de incendio 	Clase 3 <big>3</big> Líquidos inflamables 	Clase 6 <big>6</big> Sustancias tóxicas (venenosas) y sustancias infecciosas División 6.1 Sustancias tóxicas 
1.4 * 1 División 1.4 Explosivos sin riesgo significativo de explosión	Clase 4 <big>4</big> Sólidos inflamables, sustancias propensas a la combustión espontánea y sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables	División 6.2 Sustancias infecciosas 
División 1.5 Explosivos muy insensibles; agentes explosivos 1.5 * 1	División 4.1 Sólidos inflamables 	Clase 7 <big>7</big> Materiales radiactivos 
1.6 * 1 División 1.6 Materiales detonantes extremadamente insensibles	División 4.2 Sustancias propensas a la combustión espontánea 	Clase 8 <big>8</big> Materiales corrosivos 
Clase 2 <big>2</big> Gases	División 4.3 Sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables 	Clase 9 <big>9</big> Materiales peligrosos varios
División 2.1 Gases inflamables 	División 5.1 Sustancias oxidantes 	División 9.1 Cargas peligrosas que no pueden ser incluidas en las clases anteriores División 9.2 Sustancias peligrosas para el medio ambiente División 9.3 Residuos peligrosos 
División 2.2 Gases comprimidos no inflamables, no tóxicos 	Clase 5 <big>5</big> Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos	
División 2.3 Gases tóxicos por inhalación 	División 5.2 Peróxidos orgánicos 	
División 2.4 Gases corrosivos 		

Anexo 6: Etapas del Procedimiento Propuesto. **Fuente:** Elaboración propia.

ETAPA	PASO	Actividades o Tareas a realizar	Herramientas a utilizar
I: Caracterización de los Residuos Peligrosos	1-Characterización Teórica	• Nombre Completo y Otros usados. • Formula Química. • Clasificaciones en Resoluciones y Normas. • Toxicidad e Incompatibilidades. • Posibilidad de Envasado y embalado. • Precauciones en los movimientos. • Riesgos asociados a la manipulación. • Medios de Protección propuestos. • Propuesta Tratamiento o Disposición Final.	• Documentos del Proyecto • Búsquedas en Internet. • Revisión de Literaturas. • Ficha del Residuo
	2-Characterización Actual	• Puntos de almacenamiento o generación. • Inventario actual identificado. • Modos o flujos de generación.	• Matrices de Distancia y de localización. • Inventario de Residuos del CITMA. • Diagramas de Flujos de procesos
II: Estudio de las disponibilidades Logísticas	3-Disponibilidades Logísticas existentes	▪ Medios de Contención. ▪ Medios de Manipulación. ▪ Medios de Almacenamiento. ▪ Capacidad de Almacenamiento. ▪ Medios de Transporte.	• Revisión Documentos del Proyectos. • Cálculo de las Capacidades de Almacenamiento.
	4-Disponibilidades Logísticas necesarias	▪ Rutas de recorridos para el confinamiento. ▪ Medios de Contención. ▪ Medios de Manipulación. ▪ Medios de Almacenamiento. ▪ Capacidades de Almacenamiento. ▪ Medios de Transporte.	• Tecnología de Almacenamiento • Procedimiento para diseño de Almacenes • Modelos matemáticos para diseño de las rutas de recolección. • Procedimiento para el cálculo de las necesidades de medios de transporte.

III: Diseño del Proceso Logístico	5- Documentación del Proceso	▪ Descripción de las actividades. ▪ Identificación de los riesgos asociados. ▪ Identificación Competencias del personal.	• Diagramas de flujo de procesos. • Ficha de procesos. • Matrices de Riesgos. • Procedimiento para identificar Competencias Laborales.
	6-Sistema de Control	▪ Documentación de los indicadores. ▪ Procedimiento de control de los indicadores. ▪ Plan de Contingencia para emergencias.	• Ficha de Indicadores. • Estadísticas para Series Cronológicas. • Procedimiento para la elaboración de Planes de Contingencia.
IV: Proceso de Tratamiento y Disposición Final	7- Diseño Tecnológico		
	8- Sistema de Seguridad		

Anexo 7: Ficha del Residuo. Fuente: Elaboración Propia.

Nombre Completo del Residuo:	Mercurio
Formula Química del Residuo:	Hg
Otros Nombres del Residuo:	Mercurio coloidal, Quicksilver
Clasificaciones según las Resoluciones:	
Sistema de numeración de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988). Categoría: Y29 mercurio o compuestos de mercurio Característica: H.6 Tóxicos (venenos) agudos. Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel. H.8 Corrosivos. Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.	
Riesgos asociados al Residuo:	
Los materiales de las lámparas se encuentran dentro de un sistema cerrado, por lo cual su uso adecuado no representa riesgos o impactos sobre el medio ambiente o la salud. Dichos materiales entran en contacto con el medio ambiente solamente en caso de rotura o destrucción. El principal riesgo corresponde a la liberación del mercurio. El mercurio es una sustancia natural y un contaminante proveniente de diversas actividades industriales. Las concentraciones naturales en el agua, suelo y en los peces (bioacumuladores) varían de una región a otra y son función de la composición de la roca madre a partir de la cual se genera el suelo y de las fuentes de contaminación existentes en el área. Una vez liberado por actividades entrópicas al medio ambiente, el mercurio puede permanecer por mucho tiempo en la atmósfera antes de depositarse (mayoritariamente como mercurio elemental en fase vapor), lo que permite que este se transporte lejos de la fuente de emisión. El mercurio ocasiona una amplia gama de efectos sistémicos en humanos (riñones, hígado, estómago, intestinos, pulmones y una especial sensibilidad del sistema nervioso), aunque varían con la forma química. Los microorganismos convierten el mercurio inorgánico en metilmercurio, una forma química muy tóxica, persistente y bioacumulable y que además se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal humano.	

Fuentes de intoxicación:

- Mercurio metal (Hg elemental) poco soluble, poco tóxico, pueden emitir vapores que son tóxicos.
- Compuestos inorgánicos. Las sales mercuriales son tóxicos muy activos. Las sales mercúricas son más tóxicas por ser más solubles ejemplos de ellas:
 - Cloruro mercúrico.
 - Yoduro de mercurio.
 - Nitrato ácido de mercurio.
- Compuestos orgánicos. Se incluyen en este grupo todos los compuestos en los cuales el mercurio forma un enlace con el átomo de carbono ejemplo:
 - Metilmercurio
 - Fenilmercurio
 - Etilmercurio

Toxicidad:

Dosis Tóxicas. Varía dependiendo de la solubilidad, la vía de exposición y el tipo de compuesto de mercurio.

Absorción.

1. Vía respiratoria: Se absorben vapores de mercurio y los derivados orgánicos del mercurio.
2. Vía digestiva: El mercurio metálico no se absorben por esta vía, los compuestos orgánicos e inorgánicos si se absorben.
3. Vía cutánea: Se absorben fundamentalmente los derivados órganos mercuriales.
4. Distribución y Metabolismo: Mercurio elemental: Liposoluble

Mercurio inorgánico: Hidrosoluble Mercurio orgánico: Liposoluble Compuestos inorgánicos: Se acumulan preferentemente en los riñones. Compuestos orgánicos: En la sangre se fijan a los glóbulos rojos principalmente a los grupos Sulfidrilo de la Hemoglobina. Se acumulan en el sistema nervioso central, hígado y riñones. Todas las formas de mercurio atraviesan la placenta.

Eliminación.

El mercurio inorgánico no absorbido se excreta por las heces, el absorbido se excreta por el colon, riñones, saliva y pequeñas cantidades por sudor y faneras. Metilmercurio: Excretado por las heces.

Vida media.

Compuestos inorgánicos 40 días. Compuestos orgánicos 60 días.

Incompatibilidades:

Debe estar alejado del ácido nítrico concentrado, acetileno, amoníaco y cloro. Ya que ocurren reacciones violentas, el mercurio debe almacenarse de manera tal que se evite el contacto con el acetileno, amoníaco, dióxido de cloro, azidas, agentes oxidantes, pecloratos, peróxidos, permanganatos, cloratos, nitratos cloro bromo y flúor y ácido sulfúrico

caliente Lejos de níquel,calcio,carburo de sodio,litio,rubidio,cobre, plomo,hierro,aluminio,aminas y materiales combustibles.

Posibilidad de Envasado:

Los Desechos de Lámparas de Mercurio pertenecen al GrupoIII: Sustancias y preparados poco peligrosos.Se pueden transportar estos desechos como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad de sustancia no exceda de una cantidad de 50 kg.Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio, plástico, metal y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, aluminio,cartón, madera contrachapada o plástico.

En el caso que el desecho se requiera transportar agranel, se recomienda que los materiales de recipiente intermedio sean de metal, plástico, compuestos de cartón, madera o flexibles siendo estos últimos herméticosy resistentes al agua o estar provistos de un forro con la misma resistencia en estos últimos casos el transporte seria cerrado.

Precauciones en la Manipulación y Almacenamiento:

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

Fragilidad: Están constituidos por vidrios de pocos milímetros de espesor, por lo tanto se trata de un producto frágil, lo que afecta considerablemente las condiciones de transporte y almacenamiento.

Contenido: Los constituyentes son de carácter nocivo, por lo tanto es necesario tomar precauciones durante su manipulación.

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

En resumen, se trata de residuos voluminosos que no se pueden compactar, de difícil transporte y almacenamiento.

Bajo ninguna circunstancia se pueden poner en contacto entre sí que sean de naturaleza incompatible; en el caso de estos se debe mantener separados de residuos inflamables o explosivos. De lo contrario, existe el riesgo de emisión de sustancias toxicas en caso de fuego o explosión.

En caso de existir alguna rotura se debe tener cuidado con los vidrios dispersos en el piso, utilice guantes de goma y coloque estos desechos en un recogedor. Coloque los desperdicios en un recipiente hermético los desechos y no inhale el polvillo resultante de estas lámparas.

Medios de Protección propuestos:

Se recomienda utilizar mascarillas con filtro de partículas, el uso de guantes de nitrilo o caucho natural. El empleo de ropa de trabajo cubriendo extremidades, uso zapatos de seguridad, overol o

delantal plástico.

Después del manejo, lave a fondo antes de comer, fumar o usar servicios de sanitarios.

Es necesario llevar un registro de la exposición de los trabajadores a fin de proteger su salud y su seguridad con el propósito de garantizar que estos no sobrepasen los límites de exposición, y someter al personal a exámenes periódicos, ya que se establece que son potencialmente causantes de enfermedades profesionales.

Manipular las lámparas de mercurio que estén rotas con guantes resistentes (de piel) de manga larga. Estas no se deben poner cerca de sustancia inflamables o explosivas incompatibles a éstas. Se debe mantener la limpieza de los suelos.

Anexo 8: Hoja informativa ejemplo de los residuos.



Derecho a Saber Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas

Nombre común: **BIFENILOS POLICLORADOS** (POLYCHLORINATED BIPHENYLS)

Sinónimos: Aroclor; clorodifenilos; PCB

Nombre químico: 1,1'-Bifenilo, derivados de cloro

Fecha: noviembre de 2008 Traducción: diciembre de 2009

Descripción y uso

Los bifenilos poliorlorados son líquidos oleosos espesos e incoloros o de color amarillo claro. Se utilizan en líquidos hidráulicos y de transferencia de calor. Antes se utilizaban en transformadores y condensadores eléctricos.

Fuentes que los citan

- Los bifenilos poliorlorados figuran en la Lista de sustancias peligrosas del Derecho a Saber (Right to Know Hazardous Substance List) ya que han sido citados por los siguientes organismos: OSHA, ACGIH, DOT, NIOSH, NTP, DEP, IARC, IRIS, NFPA y EPA.
- Esta sustancia química figura en la Lista de sustancias extremadamente peligrosas para la salud (Special Hazard Substance List).

VER EL GLOSARIO EN PÁGINA 4.

PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos

- Enjuague los ojos inmediatamente con abundante agua por un mínimo de 15 minutos, levantando los párpados superiores e inferiores. Retire las lentes de contacto al enjuagar, si las usa.

Contacto con la piel

- Quite rápidamente la ropa contaminada. Lave inmediatamente la piel contaminada con abundante agua y jabón.

Inhalación

- Retire a la víctima del lugar de exposición.
- Si se ha detenido la respiración, inicie la respiración de rescate (utilizando precauciones universales) y si se ha detenido la acción cardíaca, inicie la reanimación cardiopulmonar.
- Traslade inmediatamente a la víctima a un centro de atención médica.

TELÉFONOS DE EMERGENCIA

Control de intoxicaciones: 1-800-222-1222
CHEMTREC: 1-800-424-8300
Teléfono de emergencia del NJDEP: 1-877-827-8337
Centro Nacional de Respuesta: 1-800-424-8802



Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas Derecho a Saber

Nombre común: **BIFENILOS POLICLORADOS**

Sinónimos: Aroclor; clorodifenilos; PCB

Número CAS: 1336-36-3

Fórmula molecular: $C_{12}H_{10}Cl_2$

Número Derecho a Saber: 1554

Descripción: Líquidos oleosos espesos e incoloros o de color amarillo claro

DATOS SOBRE LOS RIESGOS

Evaluación	Lucha contra incendios	Reactividad
3 - Salud 1 - Incendio 0 - Reactividad Núm. DOT: UN 2315 Núm. de Guía: 171 Categoría de riesgo: 3 (materiales peligrosos misceláneos)	Los bifenilos poliorlorados pueden arder, pero no se encienden con facilidad. Use polvo químico seco, dióxido de carbono, agua rociada o espuma resistente al alcohol como agentes de extinción. AL INCENDIARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS, entre otros los dibenzofuranos poliorlorados y las alibenzo-p-dioxinas cloradas. Use agua rociada para mantener fríos los recipientes expuestos al incendio.	Los bifenilos poliorlorados no son compatibles con AGENTES OXIDANTES (tales como PERCLORATOS, PERÓXIDOS, PERMANGANATOS, CLORATOS, NITRATOS, CLORO, BROMO Y FLÚOR) y ÁCIDOS FUERTES (tales como el CLORHÍDRICO, SULFÚRICO y NÍTRICO).

FUGAS Y DERRAMES

Distancias de aislamiento:

Derrames: 50 metros (150 pies)

Incendio: 800 metros (0.5 millas)

Absorba los líquidos en vermiculita, arena seca, tierra o material similar y deposite en recipientes herméticos para su eliminación.

NO permita la eliminación al alcantarillado los derrames por lavado.

Los bifenilos poliorlorados se bioacumulan y son peligrosos para el medio ambiente.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de inflamación: 295° a 395°F (141° a 196°C)

Temperatura de autoignición: 464°F (240°C)

Presión de vapor: 0.001 mm Hg a 68°F (20°C)

Densidad relativa: 1.3 (agua = 1)

Solubilidad en agua: Insoluble

Punto de ebullición: 617° a 734°F (325° a 390°C)

Punto de fusión: -2° a 50°F (15° a 10°C)

Peso molecular: 258 a 326

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

OSHA: 1 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0.5 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 54%)

NIOSH: 0.001 mg/m³, TWA 10 h

ACGIH: 1 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0.5 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 54%)

IDLH: 5 mg/m³

EQUIPO DE PROTECCIÓN

Guantes: Butilo, neopreno, cloruro polivinílico, Silver Shield®/4H® y Viton (penetración >4 h)

Overol (mono): Tychem® (CPF 2, 3L, CPF 4 y Responder®) (penetración >8 h)

Respiratoria: >0.001 mg/m³ - suministrador de aire o autónomo

EFECTOS SOBRE LA SALUD

Ojos: Irritación

Piel: Irritación

Inhalación: Irritación de la nariz, la garganta y el pulmón con tos, respiración con silbido y falta de aire

Dolor de cabeza, náusea, vómitos y dolor abdominal

Crónicos: Cáncer (de piel, cerebro y páncreas) en humanos

PRIMEROS AUXILIOS Y DESCONTAMINACIÓN

Retire a la víctima del lugar de exposición.

Enjuague los ojos con abundante agua por un mínimo de 15 minutos. Retire las lentes de contacto, si las usa.

Quite rápidamente la ropa contaminada y lave la piel contaminada con abundante agua y jabón.

Si se ha detenido la respiración, inicie la respiración artificial y, en caso necesario, la reanimación cardiopulmonar.

Traslade inmediatamente a la víctima a un centro de atención médica.

Anexo 9: Aspectos Básicos del Procedimiento para la Gestión por Procesos. Fuente: Villa González del Pino y Pons Murguía (2006).

ETAPAS	ACTIVIDAD	PREGUNTA CLAVE	HERRAMIENTAS
Caracterizar el procesos	Descripción del contexto.	¿Cuál es la naturaleza del proceso?	Documentación descriptiva del proceso, Datos históricos, reuniones participativas, Trabajo de grupo.
	Definición del alcance.	¿Para qué sirve?	Discusión de grupos (involucrados en el proceso), Documentación del proceso.
	Determinación de requisitos.	¿Cuáles son los requisitos? (Clientes, proveedores, etc.)	Reuniones participativas, Documentación de proceso, Mapeos de procesos (SIPOC).
	Análisis de la situación.	¿Cómo está funcionando actualmente el proceso?	Mapeo de procesos, Documentación del proceso, Encuestas.
Evaluar el proceso	Identificación de problemas.	¿Cuáles son los principales problemas del proceso?	Diagramas de Pareto, Diagramas y Matrices Causa-Efecto, Guía de Diagnóstico de Implantación de la NC 18001: 2005(ver Anexo No.22), Cuestionario Diagnóstico del IEIT (ver Anexo No.23), 5H y 1H, Documentación de procesos, Encuestas.
	Levantamiento de soluciones.	¿Dónde y cómo puede ser mejorado el proceso?	Brainstorming, GUT, Técnicas de grupos nominales, Votación grupal, Documentación de procesos. Método general de evaluación de riesgos, Técnicas propias de la seguridad y salud en el trabajo.
	Elaboración del proyecto.	¿Cómo se organiza el trabajo de mejora?	Ciclo PHVA, 5W y 1H, Documentación de procesos.
Mejorar el proceso	Implantación del cambio.	¿Cómo se hace efectivo el rediseño del proceso?	Diagrama de Pareto, 5W y 1H, Documentación del proceso.
	Monitoreo de resultados.	¿Funciona el proceso de acuerdo con los patrones?	Ciclo PHVA, Matriz causa-efecto, GUT, FMEA, Reuniones participativas, Metodología de solución de problemas, Documentación de proceso.

Anexo 10: Desechos distribuidos por Organismos y zonas geográficas de Cuba en (Kg).Fuente: CITMA(2009).

DESECHOS DISTRIBUCIÓN POR ORGANISMOS (Kg)					
	OCCIDENTE	CENTRO	ORIENTE	I. JUVENTUD	Total
MINSAP	13	12	0	0	25
CITMA	1	0	0	0	1
MINAGRI	50	480	2220	0	2750
MINFAR	11600	11100	226271	0	248971
MININT	56	0	0	0	56
SIME	857500	3300	75800	0	936600
MIMBAS	228133	1379780	22892	33855	1664660
MITRANS	56	0	100	0	156
Resumen por organismo: Total	1097409	1394672	327283	33855	2853219

Desechos por Zonas Geográficas.

DESECHOS DISTRIBUCIÓN POR ZONAS GEOGRAFICAS DEL PAIS (Kg.)					
	OCCIDENTE	CENTRO	ORIENTE	I. JUVENTUD	Total
PLOMO	915657	13249	75920	3	1004829
Cd	0	0	0	0	0
MERCURIO	753	1	800	3	1557
ARSENICO	7292	1370210	0	0	1377502
CN	3005	301	13000	3	16309
V	105000	0	8000	0	113000
Sr	0	0	0	0	0
Cr	3701	5	0	0	3706
LODOS. GALV	11600	8100	226271	0	245971
ASK	50401	2806	3292	33846	90345
	1097409	1394672	327283	33855	2853219

Anexo 11:Total de Productos a confinarFuente: CITMA(2009).

ORGANISMO	PLOMO	CADMIO	MERCURIO	ARSENIC O	VANADIO	ESTRO NCIO	CROMO	CN	Sin Ident.	LODOS GALVANICOS	ASK	Total
MINAL	0	0	10	0	0	0	32	4	0	0	0	46
MINSAP	58	12	42	9	2	0	37	30	0	0	0	190
CITMA	6	3	11	1	0	1	15	8	58	0	0	103
MINAGRI	2873	138	415	5	2	5	1073	226	34	0	0	4771
MINCIN	3231	1071	1545	127	20	208	15602	8127	2679	0	0	32610
MINFAR	6476	1423	45	13	2	1854	13576	8459	0	0	0	31848
MINIL	128	1	1	4	1	18	1418	1490	0	245971	0	249032
MININT	3693	13	2368	4	1	9	5626	80	0	0	0	11794
SIME	917377	127	23	22	45	8	4808	19821	0	0	0	942231
MIMBAS	86898	1234	3622	1407543	115240	8	5966	116115	1	0	0	1736627
MITRANS	157	4	4	1	0	0	3003	50	0	0	90345	93564
TOTAL	1020897	4026	8086	1407729	115313	2111	51156	154410	2772	245971	90345	3102816

Anexo 12:Análisis de los Residuos Peligrosos a confinar en la primera etapa del Proyecto Confinatorio generados por organismos cubanos.Fuente: CITMA(2009).

ORGANISMO	PLOMO	MERCURIO	ASK	Total
MINAL	0	10	0	10
MINSAP	58	42	0	100
CITMA	6	11	0	17
MINAGRI	2873	415	0	3288
MINCIN	3231	1545	0	4776
MINFAR	6476	45	0	6521
MINIL	128	1	0	129
MININT	3693	2368	0	6061
SIME	917377	23	0	917400
MINBAS	86898	3622	0	90520
MITRANS	157	4	90345	90506
TOTAL	1020897	8086	90345	1119328

Anexo 13:Resumen de productos por estado de envase y almacenaje.Fuente: CITMA(2009).

Estado del Envase y Almacenaje de Productos Ociosos			Estado del Envase y Almacenaje de Productos Caducados		
	Envase	Almacenaje		Envase	Almacenaje
Buen Estado	750	718	Buen Estado	207	177
Estado Regular	134	0	Estado Regular	28	0
Mal Estado	18	174	Mal Estado	29	83
Subtotal	902	892	Total	264	260
Sin información	9	19	Sin información	1	5

Estado del Envase y Almacenaje de Desechos		
	Envase	Almacenaje
Buen Estado	78	76
Estado Regular	20	3
Mal Estado	6	32
Total	104	111
Sin información	10	3

Anexo 14: Clasificación Internacional de Sustancias Peligrosas.

La clasificación según la ONU de las sustancias peligrosas, que también se utiliza en los pictogramas de identificación, es la siguiente:

Tabla Clasificación ONU de sustancias peligrosas.

Denominación	Clase	División	Observaciones
Explosivos	1	1.1	Explosión con riesgo de explosión en masa
	1	1.2	Explosivos con riesgos de proyección
	1	1.3	Explosivos con riesgo predominante de incendio
	1	1.4	Explosivos sin riesgo significativo de explosión
	1	1.5	Explosivos muy sensibles; agentes explosivos
	1	1.6	Materiales detonantes extremadamente insensibles
Gases	2	2.1	Gases inflamables
	2	2.2	Gases comprimidos no inflamables no tóxicos
	2	2.3	Gases tóxicos por inhalación
	2	2.4	Gases corrosivos
Líquidos inflamables	3		
Sólidos Inflamables, sustancias propensas a la combustión espontánea y sustancia que en contacto con agua emiten gases inflamables	4	4.1	Sólidos inflamables
	4	4.2	Sustancias propensas a combustión espontánea
	4	4.3	Sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables

Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos	5	5.1	Sustancias oxidantes
		5.2	Peróxidos orgánicos
Sustancias tóxicas (venenosas) y sustancias infecciosas	6	6.1	Sustancias Tóxicas
	6	6.2	Sustancias infecciosas
Materiales radioactivos	7		
Materiales corrosivos	8		
Materiales peligrosos varios	9	9.1	Cargas peligrosas que no pueden ser incluidas en las clases anteriores
	9	9.2	Sustancias peligrosas para el medio ambiente
	9	9.3	Residuos peligrosos

Anexo 15: Envases. Clasificación Características Generales.

Según el manual de la ONU se asigna tres grupos de embalaje para las sustancias peligrosas, estos son los siguientes:

- Grupo de Embalaje I: Sustancias y preparados muy peligrosos.
- Grupo de Embalaje II: sustancias y preparados moderadamente peligrosos.
- Grupo de Embalaje III: sustancias y preparados limitadamente peligrosos.

En consecuencia las sustancias y elementos seleccionados a confinar deben envasarse según la clasificación siguiente:

1. Plomo: Grupo III	8. Pentóxido de Arsénico: Grupo II	15. Yoduro de Mercurio: Grupo II	22. Ferrocianuro de Potasio: Grupo I	29. Cromo: Grupo II	36. Dicromato de Sodio: Grupo II
2. Óxido de Plomo: Grupo III	9. Arsenito de Sodio: Grupo II	16. Acetato de Mercurio: Grupo II	23. Tiocianato de Potasio: Grupo I	30. Óxido de Cromo: Grupo II	37. Óxido de Cadmio: Grupo II
3. Carbonato de Plomo: Grupo III	10. Arseniato de Sodio: Grupo II	17. Vanadio: Grupo I	24. Tiocianato de Sodio: Grupo I	31. Trióxido de Cromo: Grupo II	38. Sulfato de Cadmio: Grupo II
4. Acetato de Plomo: Grupo III	11. Mercurio: Grupo II	18. Pentóxido de Vanadio: Grupo III	25. Tiocianato de Amonio: Grupo I	32. Ácido Crómico: Grupo II	37. Bifenilos Policlorados: Grupo II
5. Tetraetilo de Plomo: Grupo I	12. Cloruro de Mercurio: Grupo II	19. Estroncio: Grupo III	26. Cianuro de Zinc: Grupo III	33. Dicromato de Amonio: Grupo II	38. Lodos Galvánicos: Grupo II
6. Arsénico: Grupo II	13. Nitrato de Mercurio: Grupo II	20. Cloruro de Estroncio: Grupo III	27. Cianuro de Cobre: Grupo II	34. Cromato de Potasio: Grupo III	39. Lámparas de Mercurio: Grupo III
7. Trióxido de Arsénico: Grupo II	14. Óxido de Mercurio: Grupo II	21. Cianuro: Grupo I	28. Cianuro de Sodio: Grupo I	35. Dicromato de Potasio: Grupo II	

Condiciones para el envasado por grupo

En general las condiciones para el envasado según el manual de la ONU son:

Grupo de Embalaje I: Sustancias y preparados muy peligrosos.

No se puede transportar estos desechos como cantidad limitada. Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio o plástico, (hasta un máximo de varios kg según la sustancia) y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, cartón, madera contrachapada y plástico.

En el caso que el desecho se requiera transportar a granel, se admite envases mayores (pero limitados a no más de 50-100kg) y que los recipientes intermedios sean de metal, de plástico o compuestos o de madera. Estos recipientes se transportarán en unidades de transporte cerradas.

Grupo de Embalaje II: Sustancias y preparados moderadamente peligrosos.

Se puede transportar estos desechos como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad del producto no exceda de una cantidad de Kg según la sustancia precisa. Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio, plástico, o metal, y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, aluminio, cartón, madera contrachapada o plástico.

En el caso del que el desecho se requiera transportar a granel, se recomienda que los recipientes intermedios sean de metal, plástico, compuestos, cartón, madera o flexibles. De estos recipientes los que no sean de metal o de plástico rígido, se transportarán en unidades de transporte cerradas. Los recipientes flexibles, de cartón o de madera deberán ser estancos a los pulverulentos y resistentes al agua o estar provistos de un forro con la misma resistencia.

Grupo de Embalaje III: sustancias y preparados poco peligrosos

Se puede transportar estos desechos como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad de sustancia no exceda de una cantidad de kg según el producto preciso. Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio, plástico, metal y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, aluminio, cartón, madera contrachapada o plástico.

En el caso que el desecho se requiera transportar a granel, se recomienda que los materiales de los recipientes intermedios sean de metal, de plástico, compuestos, de cartón, de madera o flexibles; siendo estos últimos estancos a los pulverulentos y resistentes al agua o estar provistos de un forro con la misma resistencia en estos últimos casos el transporte sería cerrado.

No se usará el mismo transporte, para llevar al mismo tiempo sustancias incompatibles que en caso de derrame puedan provocar accidentes.

Anexo 16: Equipo de Protección Personal para los desechos de lámparas de mercurio



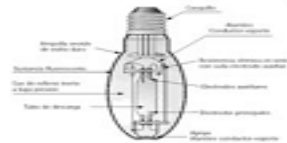
Anexo 17: Matriz Distancia de los puntos donde se encuentran los residuos de desechos de lámparas de mercurio en Cuba. (Km)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Matriz Distancia	CEN	C.A	C.H. Playa	C.H. Playa	Hab. este	Mtz	C.H. Playa	Hab. este	C.H. Playa	C.H. Playa	S. Cuba	VC
Confinatorio CEN	0	235	249	249,5	237,6	178,4	249,7	237,6	249,7	250	665,2	93,4
Ciego de Ávila.	235	0	432,6	432	420,5	349,7	432,6	420,5	433	432,5	430,5	152,3
C.H.(Playa)	249	432,6	0	0,5	27,5	107,7	0,5	27,5	1,0	1,0	862,5	290,7
C.H.(Playa)	249,5	432	0,5	0	29,5	109,7	7,0	29,5	0,5	1,0	864,5	292,7
H. (H este)	237,6	420,5	27,5	29,5	0	93,6	31,8	2,0	30,0	30,5	854,1	282,3
Matanzas	178,4	349,7	107,7	109,7	93,6	0	107,6	88,5	107,6	108	779,9	197,3
C.H.(Playa)	249,7	432,6	0,5	7,0	31,8	107,6	0	25,0	0,5	1,0	862,5	290,7
H. (H este)	237,6	420,5	27,5	29,5	2,0	88,5	25,0	0	26,0	26,5	864,5	291,7
C.H.(Playa)	249,7	433	1,0	0,5	30,0	107,6	0,5	26,0	0	0,5	862,5	290,7
C.H.(Playa)	250	432,5	1,0	1,0	30,5	108	1,0	26,5	0,5	0	864,5	291,7
Santiago de Cuba	665,2	430,5	862,5	864,5	854,1	779,9	862,5	864,5	862,5	864,5	0	582,5
Villa Clara	93,4	152,3	290,7	292,7	282,3	197,3	290,7	291,7	290,7	291,7	582,5	0

Anexo 18: Inventario de Mercurio en Cuba. Fuente: CITMA, 2009

Provincia	Entidad Instalación	PRODUCTO	Nombre	Cant. Kg
Ciego de Ávila.	Lab. Microbiología: C. Ávila	M	cloruro mercurioso	1
Ciudad Habana	Maternidad: Ciudad Habana	M	Mercurio	1
Ciudad Habana	Clínica Estomatológica: Ciudad Habana	M	Mercurio	4
La Habana	Inst. Inv. Tabaco: La Habana	M	Yoduro de Mercurio	1
Matanzas	Emp. Ind de Cítricos: Matanzas	M	Y29. Mercurio Yoduro	1
Matanzas	Emp. Ind de Cítricos: Matanzas	M	Y29. Mercurio Sulfato	2
Ciudad Habana	Ciudad Habana	M	Mercurio Metálico	23
Ciudad Habana	Ciudad Habana	M	Nitrato Mercurioso	1
Ciudad Habana	Ciudad Habana	M	Mercurio Bicloruro	1
La Habana	ACRILEST: La Habana	M	Mercurio para	710
Ciudad Habana	MEDSOL: Ciudad Habana	M	Mercurio Cloruro	1
Ciudad Habana	MEDSOL: Ciudad Habana	M	Mercurio Cloruro pa	1
Ciudad Habana	MEDSOL: Ciudad Habana	M	Mercurio Acetato x	1
Ciudad Habana	Roberto: Ciudad Habana	M	Oxido Amarillo de	6
Santiago de Cuba	Geominera Oriente: Santiago de Cuba	M	Cloruro de Mercurio	800
Villa Clara	Villa Clara	M	Cloruro de Mercurio	3

Anexo 19: Tipos de Lámparas de vapor de mercurio.

Tipo de lámpara	Diseño	Material	Gramos/unidad
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión (peso medio 300g)		Mercurio	0.06
		Plomo	1.5
		Itrio	0.36
		Tierras raras	0.039
		Antimonio	
Lámparas fluorescentes (peso medio 200g)		Bario	0.006
		Estroncio	0.15
		Mercurio	0.035
		Plomo	0.0104
		Itrio	0.126
Lámparas de sodio de alta presión (peso medio 300g)		Tierras raras	0.08
		Antimonio	0.03
		Bario	0.06
		Estroncio	0.28
		Mercurio	0.06
Lámparas de halogenuros metálicos (peso medio 150g)		Plomo	0.6
		Itrio	0.012
		Tierras raras	0.003
		Antimonio	
		Bario	0.126
		Estroncio	0.09
		Mercurio	0.045
		Plomo	0.45
		Itrio	0.105
		Tierras raras	0.0045
		Antimonio	
		Bario	0.003
		Estroncio	0.0015

Anexo 20: Estados de los envases según las provincias.

Provincia	Tipo de envase	Estado del envase	Condiciones almacenamiento
Ciego de Ávila.	Plástico	Bueno	Buenas
Ciudad Habana	Vidrio	Bueno	Buenas
Ciudad Habana			
La Habana	Vidrio	Bueno	Buenas
Mtz	Plástico	Bueno	Buenas
Mtz	Plástico	Bueno	Buenas
Ciudad Habana	Vidrio	Bueno	Malas
Ciudad Habana	Vidrio	Bueno	Malas
Ciudad Habana	Vidrio	Bueno	Malas
La Habana	Metálico	Bueno	Buenas
Ciudad Habana	Plástico	Bueno	Buenas
Ciudad Habana	Plástico	Bueno	Buenas
Ciudad Habana	Plástico	Bueno	Buenas
Ciudad Habana	Metálico	Regular	Buenas
Santiago de Cuba			
Villa Clara	Plástico	Regular	Malas

Anexo 21: Procedimiento de Trabajo seguro (AST) en la Gestión Logística de los residuos o desechos peligrosos (Lámparas de mercurio)

Pasos	Riesgos	Consecuencias	Medidas Preventivas
Acondicionamiento de los Residuos o desechos de las Lámparas de mercurio)	• Causa irritación respiratoria • Daña los riñones, cerebro y fetos • Daña el sistema nervioso • Efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimiento y abortos • Quemaduras químicas • Puede causar irritación en la piel	• Enfermedad Profesional • Quemaduras en la piel	• Utilizar mascarillas con filtro de partículas • Usar guantes de nitrilo o caucho natural. • Empleo de ropa de trabajo cubriendo extremidades, uso zapatos de seguridad, overol o delantal plástico • Después del manejo, lave a fondo antes de comer, fumar o usar servicios de sanitarios. • Se llevará un registro de la exposición de los trabajadores a fin de proteger su salud y su seguridad con el propósito de garantizar que estos no sobrepasen los límites de exposición • Someter al personal a exámenes periódicos, ya que se establece que son potencialmente causantes de enfermedades profesionales
	• Heridas en las manos	• Ingreso al cuerpo humano del mercurio.	• Manipular las lámparas de mercurio rotos con guantes resistentes (de carnaza) de manga larga.
	• Puede causar irritación en los ojos	• Daños a la Visión	• Uso de gafas de seguridad
	• Explosión	• Causar heridas en distintas partes del cuerpo por impregnación de las partículas en el cuerpo	• No se deben poner cerca de sustancia inflamables o explosivos incompatibles a estás • Prohibir Fumar
	• Caídas al mismo nivel	• Fracturas en distintas partes del cuerpo	• Mantenimiento y limpieza de los suelos. • Observar el área de trabajo para conocer la posición de los otros objetos • Zonas de paso despejadas • Usar calzado apropiado
	• Atrapamientos • Caídas de objetos	• Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo	• Comprobar el correcto estado de los equipos y elementos de los aparatos elevadores antes del inicio de las actividades diarias. • Evitar los arranques y paradas bruscas de los aparatos de elevación. Los movimientos de las cargas deben ser movimientos controlados. • Siempre que sea posible la elevación y descenso de las cargas se hará en sentido vertical a fin de evitar el balanceo • Se evitará levantar y trasladar la carga por encima de personas y puestos de trabajo • Se evitará mantener cargas suspendidas

			durante largos periodos de tiempo • En el traslado de cargas, la visibilidad debe estar asegurada • Debe comprobarse, antes de izar cualquier carga, que está se encuentra bien asegurada y que las conexiones y empalmes se realizan con medios apropiados • No superar la carga máxima establecida
Transporte de desechos o lámparas de mercurio(Lámparas de Mercurio)	• Esparcimiento del polvo triturado de las lámparas de mercurio	• Daños a la Salud a las personas que estén expuestas • Daños al medio ambiente	• Se debe revisar que las bolsas plásticas estén bien selladas • Se debe revisar las condiciones de seguridad de la carga que transporta. • Abstenerse de realizar partidas y paradas súbitas, y de conducir a altas velocidades ni tener una conducción con movimientos erráticos que causen una innecesaria inestabilidad de la carga • La ruta de circulación deberá hacerse por las carreteras de menos tráfico • Se prohíbe la detención o estacionamiento en zonas residenciales, lugares públicos, áreas densamente pobladas. • El empleo de los implementos de seguridad en caso de alguna intervención que requiera de estos elementos(Ropas de protección)
	• Accidentes en la vía	• Derrames de la carga que se transporta • Heridas y golpes en distintas partes del cuerpo	• Tomar las medidas de precaución durante el viaje y regirse por las leyes del tránsito (Ley 106) • No ingerir bebidas alcohólicas
Almacenamiento de los residuos o desechos de lámparas de mercurio.	• Causa irritación respiratoria • Daña los riñones, cerebro y fetos • Daña el sistema nervioso • Efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimiento y abortos • Quemaduras químicas	• Enfermedad Profesional • Quemaduras en la piel	• El lugar de almacenamiento debe poseer ventilación adecuada • Utilizar mascarillas con filtro de partículas • Uso de guantes de nitrilo o caucho natural. • Empleo de ropa de trabajo cubriendo extremidades, use zapatos de seguridad, overol o delantal plástico • Después del manejo, lave a fondo antes de comer, fumar o usar servicios de baño • Se llevará un registro de la exposición de los trabajadores a fin de proteger su salud y su seguridad con el propósito de garantizar que estos no sobrepasen los límites de exposición • Someter al personal a exámenes periódicos, ya que se establece que son potencialmente causantes de enfermedades profesionales
	• Puede causar irritación en los ojos	• Daños a la Visión	• Uso de gafas de seguridad
	• Caídas al mismo	• Fractura en	• Mantenimiento y limpieza de los suelos.

	nivel	distintas partes del cuerpo	• Observar el área de trabajo para conocer la posición de los otros objetos • Zonas de paso despejadas • Usar calzado apropiado
	• Atrapamientos • Caídas de objetos	• Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo	• Comprobar el correcto estado de los equipos y elementos de los aparatos elevadores antes del inicio de las actividades diarias. • Evitar los arranques y paradas bruscas de los aparatos de elevación. Los movimientos de las cargas deben ser movimientos controlados. • Siempre que sea posible la elevación y descenso de las cargas se hará en sentido vertical a fin de evitar el balanceo • Se evitará levantar y trasladar la carga por encima de personas y puestos de trabajo • Se evitará mantener cargas suspendidas durante largos periodos de tiempo • En el traslado de cargas, la visibilidad debe estar asegurada • Debe comprobarse, antes de izar cualquier carga, que está bien asegurada y que las conexiones y empalmes se realizan con medios apropiados • No superar la carga máxima establecida • Almacenamiento ordenado sobre pallets o rack

Anexo22: Tabla para la selección de esquemas de carga para plataformas de 1200 x 1000 mm. (Dimensiones en mm)

Ancho	← Largo →																														
	254	267	279	292	305	318	330	343	356	368	382	394	406	415	432	445	457	470	480	495	508	521	533	546	559	572	584	597	610		
127	29	27	27	27	27	27	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
140	29	27	27	27	27	27	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
152	29	27	27	27	27	27	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
165	29	29	27	27	27	27	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	
178	29	29	29	29	29	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
191	29	29	29	29	27	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
203	29	26	25	29	26	26	22	22	22	22	22	22	21	21	19	19	19	19	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	
216	28	25	25	25	25	25	22	22	22	22	19	19	19	19	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	12	
229	25	25	25	25	25	24	22	22	20	19	19	19	19	18	18	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	6	6	6	
241		25	25	25	25	25	21	21	20	18	16	16	16	14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	12	6	6	6	4	4	4	
254			25	24	24	21	21	21	20	19	16	16	16	16	14	14	14	14	14	14	14	6	6	6	6	4	4	4	4	4	
267					21	21	20	20	20	16	16	16	16	16	14	14	14	14	14	10	10	10	6	6	6	6	4	4	4	4	
279							17	17	17	15	15	12	12	12	12	10	10	10	10	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	
292								17	17	17	15	15	12	11	11	11	9	9	10	10	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	
305								17	17	17	15	11	11	11	11	8	8	8	8	8	8	6	6	6	4	4	4	3	3	3	3
318									16	16	15	11	11	11	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	4	4	4	3	3	3	3
330										8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	4	4	4	3	3	3	3
343												8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	4	4	4	3	3	3	3
356												8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	4	4	4	3	3	3	3
368													5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3
381														5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
394															4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
406																4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
419																	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	7	7	7	7
432																	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

Gráfico para la selección del patrón del medio unitarizador de 1 000 x 1 200 (mm)

