



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO  
EN INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

*Alternativas para la contratación de un servicio para el manejo  
integral de residuos peligrosos aplicable a una empresa del sector público*

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERIA**  
INGENIERIA DE SISTEMAS – INGENIERIA INDUSTRIAL

**P R E S E N T A :**  
**S E R G I O D Í A Z M A Y O R G A**

**TUTOR:**

**M.I. ANN WELLENS PURNAL**

2010



**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M. I. Hernández García Silvina

Secretario: M. I. Soler Anguiano Francisca Irene

Vocal: M.I. Wellens Purnal Ann

1er. Suplente: Dra. Idalia Flores de la Mota

2do. Suplente: M. en A.I. Landy Irene Ramírez Burgos

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.

**TUTOR DE TESIS:**

M.I. ANN WELLENS PURNAL

---

**FIRMA**

A mi esposa Vanessa con amor.

A mi madre.

A mi Tutora, Ann Wellens.

A mis sinodales, familiares y amigos.

Al planeta en que vivimos, por todas sus maravillas y al cual debemos cuidar.

<b>INDICE GENERAL</b>		
<b>ABREVIATURAS</b>		
<b>1. ANTECEDENTES</b>		<b>1</b>
1.1	Justificación	1
1.2	Objetivo	3
1.3	Alcances y limitaciones	3
1.4	Estructura de la tesis	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>		<b>5</b>
2.1	Galvanoplastia: proceso genérico, riesgos e impactos ambientales	7
2.1.1	Descripción de las operaciones y procesos unitarios que conforman un proceso genérico del rubro galvanoplástico	8
2.1.2	Generación de residuos e impactos ambientales	12
2.1.3	Aspectos de seguridad e higiene industrial	16
2.2	Marco jurídico del manejo de residuos peligrosos en el sector público	19
2.2.1	Marco jurídico en materia ambiental	25
2.2.2	Marco jurídico en materia de seguridad e higiene, transporte y adquisiciones	30
<b>3. METODOLOGIA</b>		<b>33</b>
<b>4. APLICACIÓN: PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>		<b>49</b>
4.1	Diagrama del proceso	49
4.2	Identificación de las características de peligrosidad de los residuos generados y estimación de la cantidad anual	51
4.3	Identificación de alternativas para minimizar la generación de residuos peligrosos	54
4.4	Detalle de los procedimientos internos para empacar, etiquetar, transportar y almacenar los residuos peligrosos	55
4.5	Características del proveedor requerido	61
4.6	Procedimiento para el traslado a su destino final	63
4.7	Reglamento	64
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>65</b>
<b>6. REFERENCIAS</b>		<b>67</b>
<b>ANEXO I</b> Bitácora de grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos		
<b>ANEXO II</b> Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos		

<b>INDICE FIGURAS</b>	
<b>7. ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>8. MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
<b>Figura 2.1.</b> Diagrama propuesto para un sistema productivo	5
<b>Figura 2.2.</b> Proceso genérico para el área de galvanoplastia	8
<b>Figura 2.3.</b> Jerarquía de la legislación mexicana	19
<b>Figura 2.4.</b> Diagrama de flujo de la jerarquía jurídica en materia ambiental para el manejo de residuos peligrosos	25
<b>Figura 2.5.</b> Diagrama de flujo para la clasificación de residuos peligrosos	29
<b>Figura 2.6.</b> Diagrama de flujo de la jerarquía para la legislación en materia de seguridad e higiene	31
<b>Figura 2.7.</b> Diagrama de flujo de la jerarquía para la legislación en materia de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos	31
<b>9. METODOLOGIA</b>	<b>33</b>
<b>Figura 3.1.</b> Diagrama para manejo de residuos	33
<b>10. APLICACIÓN: PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>	<b>49</b>
<b>Figura 4.1.</b> Ejemplo de diagrama de flujo general en un proceso de galvanoplastia	49
<b>Figura 4.2.</b> Diagrama de flujo de las operaciones unitarias más importantes del proceso físico químico de tratamiento de aguas residuales en la línea de recubrimiento electrolítico	50
<b>Figura 4.3.</b> Ejemplo de sustitución de materiales	54
<b>Figura 4.4.</b> Diagrama de distribución de la empresa con ruta de residuos peligrosos y distribución de almacén temporal de residuos peligrosos	59

<b>INDICE TABLAS</b>		
<b>1.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
	<b>Tabla 2.1.</b> Residuos de los procesos de galvanoplastia	13
	<b>Tabla 2.2.</b> Efectos de cadmio, cromo, níquel y cianuro en la salud	14
	<b>Tabla 2.3.</b> Efectos de contaminantes en el sistema de alcantarillado	14
	<b>Tabla 2.4.</b> Efectos de contaminantes descargados en aguas superficiales	15
	<b>Tabla 2.5.</b> Listado de riesgos en el área de galvanoplastia	17
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>33</b>
<b>4.</b>	<b>APLICACIÓN: PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>	<b>49</b>
	<b>Tabla 4.1.</b> Residuos del proceso galvánico de PEDF	51
	<b>Tabla 4.2.</b> Denominación conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005 de los residuos del proceso galvánico de PEDF	52
	<b>Tabla 4.3.</b> Otros residuos que presentan características de peligrosidad	53
	<b>Tabla 4.4.</b> Estimación anual de generación en el proceso galvánico de PEDF	53
	<b>Tabla 4.5.</b> Incompatibilidades para almacenamiento de residuos peligrosos	59

## RESUMEN

Se lleva a cabo una revisión bibliográfica de aspectos jurídicos involucrados en el manejo de residuos peligrosos tanto en el marco ambiental, laboral, de transporte así como de adquisiciones; esta tesis brinda, al menos, dos alternativas a considerar para describir la contratación de prestadores de servicios para el manejo integral para la disposición de residuos peligrosos y presenta como propuesta un plan de manejo que podría ser usado en una empresa del sector público.

Debido al marco jurídico ambiental en México, el manejo integral de residuos peligrosos se ha convertido en un tema de importancia para la industria. En el presente trabajo se busca aterrizar aspectos legales ambientales en el campo de la industria electroquímica (galvanoplastia).

Para aterrizar los lineamientos jurídicos encontrados, dentro de esta revisión bibliográfica se incluye la investigación de aspectos industriales donde los procesos electroquímicos (galvánicos) son utilizados y se busca ejemplificar su aplicación plasmándolo en papel como un ejemplo teórico que permita mostrar cómo pueden congeniar entre ellas las técnicas de la electroquímica, las técnicas ambientales y las leyes, entre otras.

Las alternativas brindadas en este trabajo son descriptivas más no limitativas ya que se presentan posibles soluciones y planteamientos a las necesidades del manejo de residuos peligrosos para el ejemplo de un proceso electroquímico enmarcado por los procesos gubernamentales para la adquisición de servicios.

Así, aún cuando los planteamientos dados sean para actividades e instalaciones en la ciudad de México estos pueden ser considerados como una guía a nivel nacional para la adquisición de este tipo de servicios respetando, por supuesto, la particularidad del caso que se trate.

A partir de literatura existente se describe un proceso general de galvanoplastia con la finalidad de identificar los residuos peligrosos que se generan, buscar la minimización en su generación y finalmente darles un manejo adecuado hasta su disposición final, lo cual es disposición jurídica.

Debido a las restricciones técnicas y económicas que dificultan la optimización de los procesos para reducir la generación de residuos, llega a ser necesario continuar con los procesos actuales mientras se logra una reingeniería de estos. Esta tesis, independientemente de proponer alternativas de minimización, resalta la importancia del adecuado transporte y tratamiento de estos residuos, proponiendo alternativas para la contratación de empresas comprometidas ética y ambientalmente.

## ABSTRACT

As from bibliography review, a research of legal aspects about hazardous waste management related to environment, health and safety, transport and acquisition frameworks is done. This thesis gives as well, at least two possible alternatives for a public server in order to purchase an integral handling service for hazardous waste disposal and proposes a management plan for a public enterprise.

Nowadays, due to Mexico's environmental legal framework, hazardous waste management is turning into a very important topic. This paper seeks to land environmental legal bearings over the electroplating industry.

To achieve this, some industrial aspects of electrochemistry processes are included in the research and looks forward to show its application as a theoretical example where law, environmental and electrochemistry techniques among others, can work together in harmony.

The alternatives proposed do not limit the huge variety of solutions that public enterprises and public servers can formulate so as to handle hazardous waste disposal and minimize its generation as well; on this occasion, the alternatives are for hazardous waste generated by an electrochemical process embodied in government procurement processes.

Thus, even though the approaches are given for activities and facilities in Mexico City they can be regarded as a national guide for the procurement of such services respecting of course the particular case in question.

From existing literature this thesis describes a general process of electroplating in order to identify hazardous waste generated from it then seek to minimize their generation and finally give them a proper handling to its final disposal, which is legal provision.

Since there are technical and economic variables that hinder the process optimization, sometimes it's necessary to continue with the current processes while minimization can be achieved. This is why this work besides proposing some minimizing alternatives it highlights the importance of an appropriate transportation and electroplating hazardous waste treatment through hiring companies committed to ethical and environmental.

# **1. ANTECEDENTES**

## **1.1 Justificación**

El cuidado que la industria en México debe tener con respecto al medio ambiente representa hoy un factor determinante en la competitividad y supervivencia pero, ante todo, resulta una obligación legal.

La atención y cumplimiento que se debe dar al medio ambiente se fundamentan en las disposiciones respectivas de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en el marco legal ambiental que de ella deriven.

Las empresas que generan residuos, en particular residuos peligrosos, deben darles un manejo adecuado conforme los lineamientos de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento.

Un manejo inadecuado de aquellos residuos que por sus características son considerados peligrosos puede ocasionar un severo daño tanto a la salud humana como al medio ambiente, además de las sanciones que apliquen conforme la legislación ambiental tanto a nivel federal como local y en el Código Penal Federal. Por lo anterior es necesario apegarse al marco legal aplicable al manejo de residuos e interactuar con empresas comprometidas con el medio ambiente en todas las etapas de su manejo poniendo especial atención en los prestadores de servicio que se contraten para su transporte, tratamiento y disposición final.

Dentro de las empresas que funcionan en México se encuentran aquellas que pertenecen al gobierno mexicano, como son la Comisión Federal de Electricidad (CFE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la industria militar e instituciones de salud como el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), que por la naturaleza de su giro generan residuos peligrosos o bien, en donde por los servicios que requieren para desarrollar sus actividades se llevan a cabo procesos contaminantes como por ejemplo la galvanoplastia.

En una empresa del gobierno es difícil tener la libertad de escoger un prestador de servicios que brinde la mayor seguridad posible para el manejo de residuos. Es importante que un servidor público inmerso en el manejo de residuos peligrosos dedique especial atención y cuidado, ya que además de lo previsto en la legislación ambiental en materia de residuos, también debe respetar leyes como la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público.

Así, la adquisición de un servicio para el manejo de residuos peligrosos hasta su destino final debe cumplir con los procedimientos de contratación establecidos en la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público como son la licitación pública o la invitación a cuando menos tres personas o adjudicación directa, en donde deberán establecerse los mismos requisitos y condiciones para todos los participantes, y para lo cual se debe proporcionar a todos los interesados igual acceso a la información relacionada con dichos procedimientos, a fin de evitar favorecer a algún participante.

Como servidor público se puede, y se debe, tener la disposición de atender los lineamientos del marco jurídico en ambos rubros, tanto en el marco ambiental como en el marco de adquisiciones; sin embargo, parecería que lo solicitado en el segundo marco se puede contraponer con el primero, ya que los costos de un buen servicio no siempre son los más baratos.

Por lo anterior es necesario definir las características de un servicio para el manejo de residuos que, cumpliendo con lo establecido en la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, permita minimizar el riesgo de adjudicar contratos a empresas que pongan en riesgo el medio ambiente y a la entidad pública que contrate el servicio.

## **1.2 Objetivo**

Desarrollar un plan de manejo para residuos peligrosos generados en un proceso de galvanoplastia de una empresa gubernamental en el que se den alternativas para su minimización, así como plantear una alternativa con las características mínimas que deben ser consideradas en una licitación para la contratación de un servicio para manejo de residuos peligrosos que conste de recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final.

## **1.3 Alcances y limitaciones**

En este trabajo se busca, a través de un ejemplo de un proceso electroquímico, plasmar la experiencia adquirida en el manejo de residuos peligrosos en una institución que se rige por la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.

Se lleva a cabo una revisión bibliográfica de aspectos jurídicos involucrados en el manejo de residuos peligrosos tanto en el marco ambiental, laboral, de transporte así como de adquisiciones.

Esta tesis brinda, al menos, dos alternativas a considerar para describir la contratación de prestadores de servicios para el manejo de residuos peligrosos.

Las alternativas brindadas en este trabajo son descriptivas más no limitativas ya que se presentan posibles soluciones y planteamientos a las necesidades del manejo de residuos peligrosos para el ejemplo de un proceso electroquímico enmarcado por los procesos gubernamentales para la adquisición de servicios; sin embargo, los procesos de esta naturaleza así como los procesos industriales en general son muy vastos y, aún cuando se consideren los planteamientos de este trabajo, cada proceso requerirá de soluciones particulares.

El plan de manejo y las características propuestas son para el ejemplo de un proceso específico de galvanoplastia que se realice en una empresa gubernamental supuesta, cuyas instalaciones y actividades se ubican en el Distrito Federal. Sin embargo, los planteamientos de este trabajo pueden servir como referencia para actividades gubernamentales en otra entidad federativa y empresas particulares de este giro, considerando siempre las particularidades de cada lugar y de cada proceso.

A partir de literatura existente se describirá un proceso general de galvanoplastia con la finalidad de identificar los residuos peligrosos que se generan a partir de éste.

Una de las disposiciones para el manejo de residuos es buscar la reducción de su generación, para lo cual una de las alternativas es el cambio o reingeniería del proceso; sin embargo, esto no siempre resulta viable ya sea por el aspecto técnico o por el aspecto económico. Más aún, en una empresa gubernamental, un cambio

o una reingeniería puede llevar más tiempo que en una empresa particular ya que además del tiempo en que se da la aprobación del presupuesto es necesario considerar el tiempo requerido en el proceso de contratación; durante este tiempo el proceso productivo sigue en funcionamiento y generando residuos peligrosos. Esta tesis, independientemente de proponer alternativas de minimización, va dirigida hacia el adecuado transporte y tratamiento de los residuos peligrosos, proponiendo alternativas para la contratación de empresas comprometidas y evitando que transcurra tiempo sin retirar residuos por la falta de contrato.

Para los residuos peligrosos mencionados en este trabajo, se enuncian tratamientos o empresas que pudieran actuar como prestadores de servicios para darles tratamiento y disposición final; sin embargo, con base en el listado de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), las alternativas son abiertas.

#### **1.4 Estructura de la tesis**

En el capítulo 1 se plantean la justificación, objetivos y alcances del trabajo.

El capítulo 2 hace referencia al marco teórico en el cual está inmerso el tema del presente trabajo. Dado que la finalidad de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos es lograr la minimización en su generación, es aquí donde se describe en forma general un sistema productivo haciendo mención de las conveniencias tanto legales como económicas para la mejora de procesos y la consecuente minimización en la generación de residuos.

Por ser un giro industrial donde se generan típicamente residuos peligrosos, se toma como ejemplo y se describe la galvanoplastia, tanto en sus generalidades como en su generación de residuos y sus riesgos. En este capítulo se incluye la mención de los requerimientos y cumplimientos legales que se deben considerar para este giro.

En el capítulo 3 se propone una metodología para el manejo de residuos peligrosos y para la adquisición de los servicios que se requieren para tal fin. En dicha propuesta se hacen recomendaciones para su contratación, se destacan características y se presentan alternativas recomendadas para describir el servicio. También se presentan lineamientos jurídicos que deben ser considerados e incluidos en el manejo de residuos peligrosos.

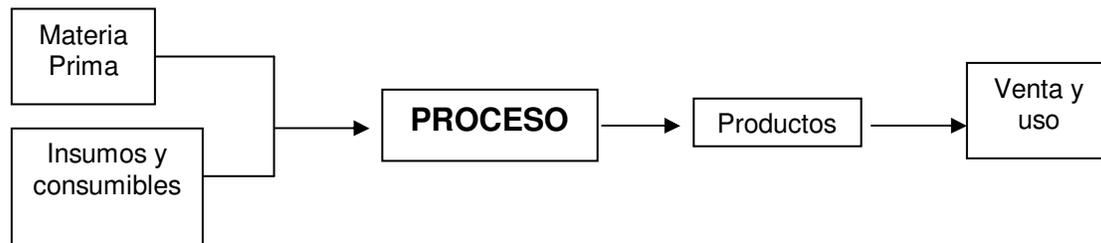
Finalmente, el capítulo 4 plantea un ejemplo en el que se busca aplicar los conceptos técnicos y jurídicos mediante un plan general de manejo de residuos peligrosos, en donde se describe un proceso electroquímico, se identifican y clasifican sus residuos, se proponen alternativas de minimización y establece una serie de lineamientos para el manejo adecuado de los residuos peligrosos.

## 2. MARCO TEÓRICO

La mejora de los sistemas o procesos productivos ha sido uno de los aspectos que las industrias han llevado a cabo con la finalidad de aumentar su eficiencia y su competitividad; independientemente de los objetivos del industrial, del empresario o del responsable de un proceso productivo, la capacidad de mejora puede estar acotada o motivada por aspectos tecnológicos, sociales, comerciales ó jurídicos; en los siguientes párrafos se presentará información obtenida de Bertalanffy (1986), Warfield (2006) y Checkland (1993).

La idea de la Teoría General de Sistemas, desarrollada por Ludwig Von Bertalanffy, propone la teoría de sistemas abiertos caracterizados por la existencia de intercambio con el medio ambiente, como todo ser vivo lo hace, entendiendo por sistema al conjunto de elementos o partes ordenados y relacionados entre sí, que contribuyen a un determinado objeto o función.

En un proceso productivo industrial las relaciones entre los elementos no son estáticas ni permanentes sino que están en constante adaptación. Aún cuando la variedad de sistemas productivos es extensa, estos se pueden observar como un sistema en el cual existen entradas y salidas. En la figura 2.1., a partir de la bibliografía consultada, se propone un diagrama en donde se pretende describir un sistema productivo general en donde la materia prima se considera como entrada, el proceso es una caja negra en la que puede encajar cualquier tipo de proceso industrial y/o productivo para finalmente obtener como salida un producto listo para ser usado.



**Figura 2.1.** Diagrama propuesto para un sistema productivo

En este sentido, al reconocer la entrada de materia prima así como la salida de producto, un proceso productivo está siendo influenciado por su entorno y viceversa, comportándose como un sistema abierto.

Desde el punto de vista ambiental y del desarrollo sustentable existe interacción entre los elementos de un sistema productivo y su entorno. La influencia que los sistemas productivos ejercen en el medio ambiente ha generado situaciones que resultan desfavorables a la salud humana y al equilibrio ecológico.

Un sistema eficiente ideal aprovecha su energía al 100%, sin mermas, residuos o pérdidas, así un sistema productivo industrial será mucho más eficiente en la medida que transforme su materia prima en producto con la menor pérdida posible de material y de energía.

La optimización de procesos y recursos en la industria, además de ser una necesidad competitiva, se ha convertido en sinónimo de eficiencia y limpieza, estableciendo una relación estrecha entre calidad, precio y cuidado al medio ambiente.

La mejora de procesos dependerá de los intereses, proyectos, obligaciones u objetivos del industrial, propietario o encargado, por lo que la optimización de los procesos, así como la generación de desperdicios (residuos) y su manejo, es tan variado como procesos existan en el mercado.

Por un lado, al llevar a cabo una mejora en los procesos industriales, se pueden observar cambios significativos como reducción en el consumo de insumos y materia prima, reducción en el tiempo de producción, flexibilidad en la variación de productos, entre otros que se pueden traducir en mayores rendimientos, es decir, en eficiencia.

Por otro lado, cuando los procesos productivos tienen una alta eficiencia, en general tienen la virtud de ser ambientalmente amigables, es decir, se disminuye la generación de emisiones residuales, ya sean líquidas, sólidas ó gaseosas, que alteran las condiciones normales del suelo, del aire y del agua del medio ambiente y se tiene un manejo adecuado de estas emisiones.

Actualmente en México la legislación, a través de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, obliga a las industrias a registrar la cantidad de residuos que generan, a darles un correcto manejo, a minimizar su generación, así como, en su caso, a plantear un plan de manejo de los residuos que generan.

Dentro de los procesos industriales, además de la iniciativa privada, también se encuentran aquellos realizados por empresas o instituciones gubernamentales en donde existen varias actividades donde se generan residuos que, por sus características, se denominan peligrosos.

Dado que en este trabajo se quiere ver como una empresa gubernamental puede cumplir, al mismo tiempo, tanto con los lineamientos jurídicos en materia de adquisiciones como con los lineamientos jurídicos ambientales en materia de residuos peligrosos, se analiza un proceso en donde típicamente se generan este tipo de residuos como lo es el proceso de recubrimiento electroquímico llevado a cabo en el giro industrial de la galvanoplastia.

## **2.1 Galvanoplastia: proceso genérico, riesgos e impactos ambientales**

Dentro de la gran variedad de giros industriales desarrollados en México, tanto en el gobierno como en la iniciativa privada, se encuentra el giro industrial de la galvanoplastia.

Las empresas agrupadas en la sección 72, Industriales de la galvanoplastia de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación, se dedican a los acabados metálicos, esto es, a los recubrimientos de partes metálicas o de plástico con diferentes metales, con el objeto de mejorar las características de las piezas así tratadas; dichas mejoras pueden ser el dar protección a la corrosión (por ejemplo galvanizado, cadmizado, etc.), mejorar el aspecto (por ejemplo, cromado, dorado, plateado, etc.), resistencia al desgaste (por ejemplo cromo duro, níquel), entre otras.

El proceso de impresión de papel es uno de los campos industriales en donde se involucra el uso de la galvanoplastia para elaborar, entre otros, las planchas o cilindros utilizados en el huecograbado, particularmente en la calcografía.

Para 1996, la industria de galvanoplastia se concentra principalmente en la zona metropolitana de la Ciudad de México (40 %), Jalisco (28%), Nuevo León (19%) y en el resto del país se distribuye el 12% restante (CMPL, 1997). Los socios de la sección 72 prestan servicio a un gran número de industrias además de la imprenta; por mencionar algunas se tienen a la joyería de fantasía en donde se practica el dorado, plateado, estañado, se tiene a la industria automotriz donde se realiza el cromado de rines, accesorios, galvanizado de partes interiores, se tiene a la industria mueblera, la construcción, electrodomésticos.

Dentro de las industrias que más interaccionan con los procesos de la galvanoplastia se encuentran:

- Industria automotriz
- Industria de electrodomésticos
- Industria de grifería
- Industria sanitaria
- Industria de muebles
- Industria de artículos eléctricos/electrónicos
- Industria de la construcción
- Industria de la impresión

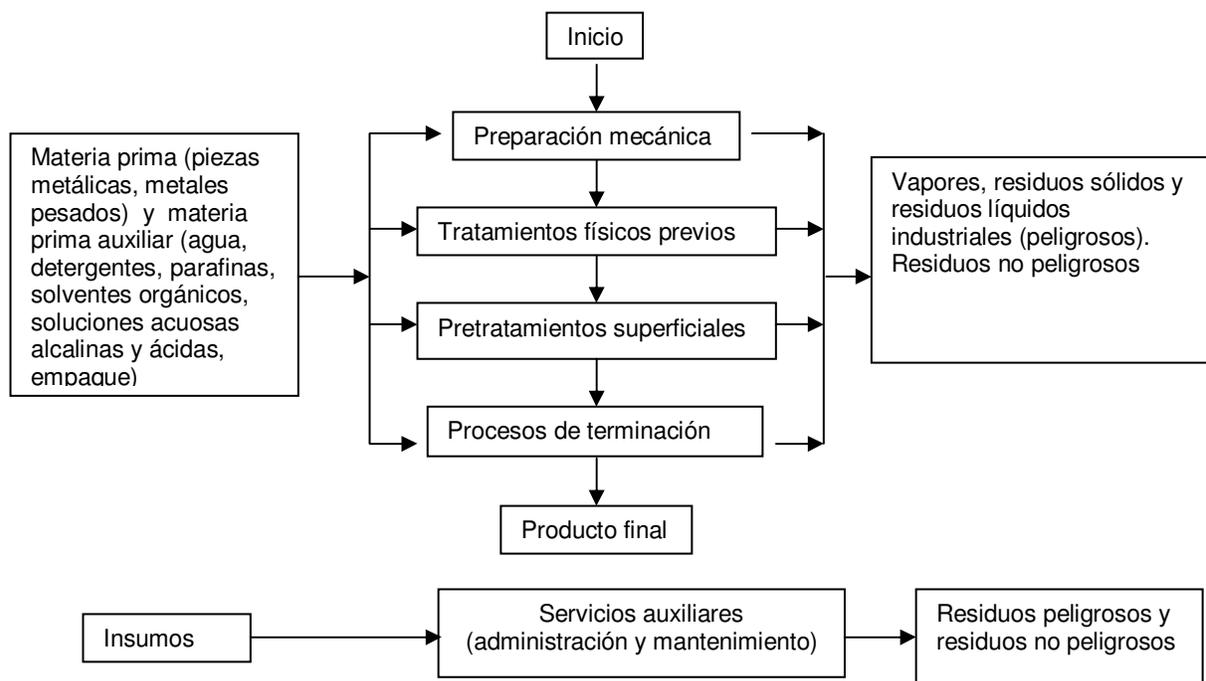
En el estudio “Ciudades y giros prioritarios de acuerdo con su potencial contaminante” elaborado por el Instituto Nacional de Ecología, se clasifica el rubro de productos metálicos - que abarca el de acabados metálicos y galvanoplastia - como el octavo lugar por su contribución a la contaminación por aguas residuales en el país, y en el quinto lugar en cuanto a la contaminación por residuos peligrosos (CMPL, 1997).

En México, las industrias asociadas a electrodeposición de metales (galvanoplastia) son en general pequeñas y medianas industrias (78% aproximadamente) y abordan un sin número de procesos de acabado, entre ellos el uso de cromo, el níquel, entre otros.

A continuación se presentará una descripción de las operaciones unitarias que conforman un proceso genérico del rubro galvanoplástico, también se describirá de manera global la generación de residuos e impactos ambientales de esta actividad económica incluyendo las fuentes y caracterización de residuos líquidos, sólidos y de emisiones a la atmósfera, así como aspectos de seguridad e higiene industrial que se deben considerar.

### 2.1.1 Descripción de las operaciones y procesos unitarios que conforman un proceso genérico del rubro galvanoplástico

La galvanoplastia se puede definir como un procedimiento para “reproducir las formas deseadas haciendo que sobre moldes se deposite, por electrólisis, una gruesa capa de algún metal” (Lexipedia, 1999).



**Figura 2.2.** Proceso genérico para el área de galvanoplastia (adaptado de CMPL, 1997)

La siguiente información fue obtenida de Blum (1964), CMPL (1997), GTZ, (1998) y INTEC-CHILE (2000).

En la industria de galvanoplastia se efectúa un electro depósito metálico específico sobre piezas metálicas o plásticas con el fin de otorgar un acabado que dependerá del uso a que se destine el producto final, así como electro formaciones de placas duplicadas y purificación de algunos metales.

En lo general, el proceso de la galvanoplastia se puede dividir en 4 etapas: la preparación mecánica, los tratamientos físicos previos, los pretratamientos superficiales y los procesos de terminación; sin embargo, las operaciones unitarias que conforman los procesos electrolíticos de galvanoplastia se dividen en las operaciones de pretratamiento (p.e. el decapado, el pulido, el desengrase) y la electrodeposición (cobrizado, niquelado, cromado).

En la figura 2.2. se presenta el diagrama de flujo del proceso genérico de galvanoplastia. Inicialmente, durante la preparación mecánica y los tratamientos físicos previos, se busca que el material tenga las condiciones adecuadas para su manejo y que se encuentre libre de agentes que dificulten el proceso de galvanizado tales como polvo o pintura. Posteriormente se llevan a cabo pretratamientos superficiales y tratamientos de terminación.

En los pretratamientos superficiales se involucran los primeros baños químicos, en los cuales el objetivo es acondicionar la superficie para recibir los substratos metálicos u óxidos que posteriormente se le incorporen. Como tratamiento final se considera el recubrimiento electrolítico en donde se deposita por vía electroquímica delgadas capas metálicas sobre la superficie de las piezas a recubrir. Dentro de los pretratamientos se encuentran operaciones como el decapado, el pulido, el desengrase.

#### a) Desengrase

Esta etapa tiene por objeto eliminar los aceites y grasas desde la superficie, a fin de que no interfieran en las etapas siguientes. Dependiendo del tipo de acabado y del material base se pueden realizar desengrases mediante soluciones alcalinas, se pueden realizar desengrases ácidos, o bien, se pueden utilizar procesos más avanzados de desengrase, tales como desengrase electrolítico o ultrasonido.

#### b) Decapado

El decapado tiene por objeto aumentar la profundidad (a nivel microscópico) de las irregularidades de la superficie, así como de eliminar las capas de óxido formadas en la superficie de las piezas metálicas debido al contacto entre éstas y la

atmósfera. De esta forma se producen dos efectos que son fundamentales para los procesos siguientes. La luz, al proyectarse en la superficie rebota en las cavidades entregando un reflejo opaco (objetivo que se persigue con el anodizado de una pieza) produciendo una superficie que presenta mejores características para anclar un sustrato diferente en los procesos siguientes. Esta etapa normalmente se efectúa con ácidos o álcalis.

#### c) Pulido y abrillantado

El pulido elimina asperezas o defectos de las superficies de las piezas. El abrillantado mejora la apariencia y acondiciona la pieza para su recubrimiento; este proceso es un caso particular del decapado y tiene por finalidad dar un acabado a la pieza, tipo espejo. Es muy utilizado para la fabricación de luminarias, como por ejemplo, reflectores de semáforos. Dependiendo del nivel de brillo con que haya quedado la pieza en las etapas previas, esta etapa puede ser omitida. Normalmente, se utiliza una combinación de ácidos fuertes (sulfúrico, fosfórico, clorhídrico, fluorhídrico).

#### d) Activado o desoxidado

Este proceso consiste en la remoción del óxido generado en los procesos previos o de aquel óxido que pudiera haber estado inicialmente en la pieza y evita que se forme una capa de óxido sobre la superficie del metal antes de pasar a los baños de recubrimiento electrolítico, ya que dicha capa puede dar lugar a una mala conducción eléctrica. Se realiza en una solución de ambiente ácido, la que puede ser en base a ácido sulfúrico, nítrico, clorhídrico o fluorhídrico, dependiendo del metal que se trate y de los riesgos de contaminación que produzcan en los procesos siguientes.

Los tratamientos de terminación se refieren a un proceso de electrólisis, en el cual los ánodos y cátodos (depósito electrolítico) se suspenden de barras exteriores que, generalmente, van conectadas a una fuente de energía eléctrica proveniente de un rectificador o generador.

Debido a la diversidad de procesos de electrodeposición metálica se mencionan algunos como el niquelado electrolítico, cromado, cobrizado, galvanizado y anodizado:

- i) Cobrizado. El cobrizado cianurado es el primer recubrimiento de los sistemas multicapas, de gran protección anticorrosiva, que se realizan habitualmente sobre acero y/o una aleación de cinc, aluminio, magnesio y cobre (conocida también como zamac), como materiales base. Los electrolitos de cobre más empleados son los de base cianuro y de base sulfato. El electrolito cianurado puede ser cianuro de potasio o sodio.
- ii) Niquelado. Los recubrimientos de níquel son una base muy apropiada para la mayoría de los recubrimientos decorativos, como el cromo, el latón, la plata y

el oro. Existen diferentes variedades clasificadas en función de sus aditivos y abrillantadores. El electrolito de níquel más empleado en México contiene cloruro, sulfato, ácido bórico y aditivos orgánicos en su composición (CMPL, 1997).

- iii) Cromado. Este tipo de acabado posee excelentes características de brillo, dureza y poder anticorrosivo. Los electrolitos de cromo contienen ácido crómico, pequeñas cantidades de ácido sulfúrico y, según su composición, catalizadores, por lo general fluorados. Cuando se aplica en bajos espesores sobre depósitos de níquel se denomina cromo decorativo. Cuando se aplica sobre acero en grandes espesores, como es el caso de los amortiguadores y similares, se denomina cromo duro. Los tres anteriores pueden conformar un solo proceso cobre-níquel-cromo.
- iv) Galvanizado. Los recubrimientos de cinc o galvanizado tienen propiedades anticorrosivos, y de manera muy ocasional, decorativas. Tradicionalmente, los electrolitos de cinc más utilizados son los cianurados, de media y alta concentración de cianuros. Por otro lado, se están imponiendo los galvanizados ácidos, que se caracterizan por ser muy brillantes y tener un alto rendimiento; el uso de estos electrolitos ácidos reducen de manera considerable el costo de tratamiento de las aguas residuales. Por último, existen galvanizados alcalinos, exentos de cianuro, que combinan una gran parte de las cualidades de los electrolitos cianurados con un tratamiento de bajo costo para las aguas residuales.
- v) Anodizado. La reacción básica de este proceso es la conversión de la superficie de aluminio a óxido de aluminio. Dos tipos de anodizado son el anodizado duro, que se lleva a cabo con ácido sulfúrico, a temperaturas de 0 a 10 °C, y el anodizado decorativo que se lleva a cabo con ácido sulfúrico y ácido crómico, a temperaturas de 20 a 30 °C.

Dentro de la materia prima más utilizada se encuentran el níquel metálico, sulfato de níquel, cloruro de níquel, cobre metálico, sulfato de cobre, aditivos de níquel, de zinc y de cobre, sosa cáustica (hidróxido de sodio), zinc metálico, óxido de zinc, cianuro de potasio, cianuro de sodio, ácido acético, ácido crómico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, ácido nítrico y ácido bórico.

Por lo general, salvo casos como el baño al ácido crómico, el metal a depositar a partir de un baño para galvanoplastia es introducido como una de sus sales y restablecido por su disolución anódica.

Tradicionalmente, dos tipos de baños para galvanoplastia habían sido de uso común, los consistentes en sales simples tales como sulfatos o cloruros y los que contenían cianuros dobles de los metales. A éstos deben ser añadidos baños cuyos principales constituyentes son sulfamatos, sulfonatos, acetatos, fluorboratos, pirofosfatos y otras sales complejas, baños con grandes cantidades de sales

complejas como los citratos que modifican las propiedades y los comportamientos de los baños.

En general, los mayores constituyentes de baños para galvanoplastia pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

1. Sales inorgánicas simples
2. Sales inorgánicas complejas
3. Sales orgánicas simples
4. Sales orgánicas complejas

#### 2.1.2 Generación de residuos e impactos ambientales

Los impactos ambientales ocasionados por los residuos producidos en el rubro de galvanoplastia tienen directa relación con la naturaleza tóxica de muchos de los compuestos químicos involucrados, los cuales son los elementos base de esta industria. La información presentada fue revisada en Intec-Chile (2000), EPA (1992) y ISTC (2010).

Es necesario hacer especial mención a los metales pesados tales como el cromo hexavalente (Cr+6), níquel, cobre y la especie química cianuro. Así entonces, los procesos llevados a cabo en este tipo de industria significan un importante aporte en el deterioro del medio ambiente. Estos residuos contaminantes, presentes en los efluentes líquidos descargados, sólidos generados y vapores emitidos a la atmósfera, afectan el medio físico circundante así como la salud de las personas, son inhibidores de tratamientos biológicos de residuos líquidos, además de que se presentan en grandes volúmenes de agua utilizados en los procesos de lavado o enjuague.

Los efectos producidos abarcan desde el deterioro de los sistemas de recolección de aguas servidas; el deterioro de sistemas de tratamientos microbiológicos, inhibiendo el desarrollo microbiano; hasta el efecto en la salud de los trabajadores expuestos y la población en general.

Los residuos generados por la industria de galvanoplastia están considerados como peligrosos porque contienen sustancias con pH ácidos ó alcalinos, restos de cianuros y de metales pesados en disolución o en forma de precipitado. Lo anterior lo establece la NOM-052-SEMARNAT 2005 en donde se clasifican como

residuos peligrosos por giro industrial y proceso a aquellos provenientes del acabado de metales y galvanoplastia.

En la tabla 2.1. se puede observar que en los procesos u operaciones unitarias de la galvanoplastia se generan residuos tóxicos y corrosivos. Las emisiones residuales que se generan son en su mayoría residuos líquidos; sin embargo, deben también considerarse residuos sólidos tales como lodos, trapos ó filtros impregnados con sustancias peligrosas; ó bien, ambientes atmosféricos que pueden contener vapores tóxicos como cromo hexavalente.

En la tabla 2.1. se presenta un resumen del origen típico de los residuos en galvanoplastia.

**Tabla 2.1.** Residuos de los procesos de galvanoplastia

<b>RESIDUO</b>	<b>RIESGO</b>	<b>TIPO DE CORRIENTE</b>	<b>PROCESO</b>
Alcalino (hidróxido de sodio)	Corrosividad	Residuo líquido	Limpieza y electrodeposición
Ácidos (nitrógeno, sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico)	Corrosividad	Residuo líquido	Limpieza, decapado, electrodeposición, baño de brillo
Detergentes	Toxicidad	Residuo líquido	Limpieza
Aceites y grasas	Toxicidad	Residuo líquido, solvente agotado	Limpieza
Metales pesados	Toxicidad	Baño de recubrimiento, agua de lavado, filtros agotados, lodos, nieblas	Electrodeposición
Cianuro*	Toxicidad	Baño de recubrimiento, agua de lavado, otras aguas, lodos	Electrodeposición, remoción, tratamiento calórico, desmanchado
Cromatos	Toxicidad	Baño de recubrimiento, agua de lavado, lodos	Electrodeposición, cromado, recubrimiento

(\*)Riesgo para la vida humana, animal y el ambiente en general.  
Modificado de EPA (1992)

a) Fuente y caracterización de residuos líquidos

El proceso de recubrimiento metálico, en general, es muy poco efectivo ya que sólo una pequeña cantidad de las sustancias utilizadas en éste se deposita en la pieza. Hasta un 90% de las sustancias puede evacuarse a través de las aguas residuales. En particular, los residuos líquidos provenientes de procesos de cromado, se caracterizan por su contenido de ácido crómico libre y bicromatos en solución neutra o débilmente ácida. Si se utilizan baños ácidos de cobre, níquel, plata, *etc.*, las aguas ácidas generadas contienen los metales correspondientes en concentraciones trazas, más los diversos compuestos asociados a productos anexos agregados al baño.

En el rubro de la galvanoplastia existen cuatro tipos de efluentes, dos de ellos, tales como soluciones ácidas y alcalinas pueden contener metales pesados (exceptuando el cromo hexavalente). Estos efluentes no son tóxicos, pero pueden contaminar los cuerpos de agua, cuando son descargados en un sistema de recolección de aguas servidas pueden inhibir los procesos biológicos de tratamiento. Los otros dos tipos de efluentes corresponden a residuos tóxicos tales como los efluentes cianurados y los que contienen cromo hexavalente, los cuales al ser vertidos en cuerpos receptores, sin tratamiento previo, los afectan gravemente.

Las tablas 2.2. a 2.4. resumen los efectos de estos contaminantes sobre la salud humana, el alcantarillado y las aguas superficiales; estos efectos pueden generar consecuencias graves en las instalaciones y servicios de drenaje, alterar gravemente los procesos biológicos del entorno, e incluso, pueden ser mortales.

**Tabla 2.2.** Efectos de cadmio, cromo, níquel y cianuro en la salud

Contaminante	Efecto por inhalación	Efecto por ingesta
Cadmio	Perturbación aguda y crónica en el sistema respiratorio, Disfunción renal	Tumores testiculares, Disfunción renal, cáncer, hipertensión, arteriosclerosis, inhibición en el crecimiento
Cromo	Cáncer pulmonar, Cáncer gastrointestinal, Enfermedades de la piel	Cáncer pulmonar, úlceras, perforaciones en tabique nasal, complicaciones respiratorias
Níquel	Enfermedad respiratoria, Defectos y malformaciones de nacimiento, Cáncer nasal y pulmonar	
Cianuro	Daños en sistema respiratorio, Letal	Daños en sistema respiratorio, Letal

Fuente: INTEC-CHILE (2000)

**Tabla 2.3.** Efectos de contaminantes en el sistema de alcantarillado

PARÁMETRO	EFEECTO
-----------	---------

pH		Daño a los colectores, por efecto de exceso de acidez o alcalinidad. Inhibición del crecimiento microbiano en los sistemas de tratamiento biológico de las aguas servidas
Temperatura		Aumento de las velocidades de reacción químicas y bioquímicas, ocasionado por un aumento de temperatura. Volatilización de compuestos orgánicos presentes en los residuos líquidos, con gasificación y producción de emanaciones tóxicas y mal olor. La presencia de gases aumenta la presión en las tuberías
Sólidos Suspendidos		Se produce la acumulación de sedimentos al interior de las tuberías, produciendo efectos de obstrucción de escurrimiento de fluidos
Aceites y Grasas	y	Se produce acumulación y se dificulta el escurrimiento de fluidos. Además, disminuye la transferencia de oxígeno en el cuerpo receptor
Metales pesados tóxicos	y	Interfieren en los procesos biológicos de tratamiento de aguas servidas, inhibiendo el crecimiento microbiano

Fuente: INTEC-CHILE (2000)

**Tabla 2.4.** Efectos de contaminantes descargados en aguas superficiales

PARÁMETRO		EFEECTO
Ph		Efectos sobre las aguas destinadas a consumo humano, bebida animal, riego, recreación, estética, vida acuática.
Temperatura		Las altas temperaturas desfavorecen la dilución de oxígeno la masa de agua, alterando el desarrollo de la vida acuática
Sólidos Suspendidos		Se produce la acumulación de sedimentos que ocasionan embaucamiento y depósitos en terrenos de uso agrícola
Aceites y Grasas	y	Efectos sobre la absorción de oxígeno atmosférico en el agua, afectando los procesos de fotosíntesis de algas, plantas y organismos acuáticos en general
Metales pesados tóxicos	y	Interfieren en los procesos naturales de auto depuración biológica de cuerpos receptores

Fuente: INTEC-CHILE (2000)

Las descargas no controladas de residuos líquidos y la inadecuada disposición de lodos no inertes que contienen compuestos tóxicos, pueden producir

contaminación de suelos y capas subterráneas. Los efectos de los contaminantes infiltrados al suelo son similares a los ocasionados por descarga de residuos líquidos contaminados a las aguas superficiales.

Cuando un suelo es contaminado resulta muy difícil remediarlo, los procesos de remediación son muy tardados y muy costos, es por eso que se debe prevenir su contaminación.

#### b) Fuentes y caracterización de los residuos sólidos

Los residuos sólidos generados en el rubro de galvanoplastia lo constituyen los lodos resultantes de los baños de proceso y enjuague, así como también los lodos provenientes de algún sistema de tratamientos de las aguas residuales. La composición de estos lodos es variada, pudiendo contener metales como níquel, cadmio, cromo, zinc y otros metales pesados.

En este tipo de industria, cuando se obtienen residuos líquidos que contienen variadas especies químicas (metales pesados, cianuro, entre otros), se obtienen lodos de iguales características a los residuos líquidos que los generaron, lo que dificulta su reutilización o reciclaje. Sin embargo, la segregación o separación de corrientes de efluentes permite la producción de un monolodo con la posibilidad de reutilización o reciclaje en la industria metalúrgica.

#### c) Fuentes y caracterización de emisiones atmosféricas

Las emisiones a la atmósfera de la industria de galvanoplastia se producen en las distintas etapas del proceso productivo y se caracterizan de acuerdo con la naturaleza de los compuestos químicos utilizados en ellos. Así, en los procesos de decapado, en donde se utiliza ácido nítrico, se producen gases nitrosos y nítricos, debidos a la naturaleza oxidante del ácido. Del mismo modo constituye una fuente de contaminación el arrastre del ácido en forma de neblina o gotas, que se encuentran contenidas en los vapores de las soluciones de limpieza.

Por otra parte, la utilización de ácido clorhídrico provoca las emisiones del ácido, debido a la alta presión de vapor ejercida a temperatura ambiente. En la electrólisis se generan gases de hidrógeno en el cátodo y oxígeno en el ánodo, lo que permite que estos gases arrastren gotas de solución en su ascenso y difusión en el aire. En la preparación mecánica de las piezas, se produce la emisión de partículas de polvo.

Las cantidades de emisiones atmosféricas producidas en el rubro de la galvanoplastia no son relevantes desde el punto de vista ambiental global, sin embargo existe un efecto importante desde el punto de vista de higiene industrial, pues los trabajadores están expuestos directamente a las nieblas y aerosoles emitidos, cuando no existen aspiradores o absorbentes sobre los baños de proceso y cuando no se utilizan implementos de seguridad.

Las emisiones al aire o atmósfera se producen en las diferentes etapas del proceso y dependen de su naturaleza. Ejemplos de lo anterior son las nieblas, que no constituyen una contaminación del ambiente externo, pero que sí afecta el ambiente interno desde el punto de vista de higiene industrial. En la preparación mecánica de las piezas, se produce la emisión de partículas de polvo, como por ejemplo polvo de níquel.

### 2.1.3 Aspectos de seguridad e higiene industrial

En la galvanoplastia, los trabajadores están expuestos a una multitud de productos químicos peligrosos, que pueden provocar intoxicaciones, quemaduras químicas, daño al sistema respiratorio, alergias; pueden herirse por las caídas en suelos mojados, pueden sufrir cortes y pinchazos de herramientas afiladas o plantillas, y quemaduras por líquidos calientes. Otros riesgos comunes incluyen descargas eléctricas, incendios y explosiones, las lesiones causadas por la caída de materiales, lesiones oculares por partículas, enredo en el movimiento de maquinaria, los altos niveles de ruido, etc. La información presentada en esta sección fue revisada en ILO (2010), ISTC (2010), RCS (2010).

En la tabla 2.5. se presentan riesgos a los cuales está expuesto un trabajador del área de galvanoplastia, esta tabla tiene un fin descriptivo más no limitativo ya que pueden presentarse muchos más riesgos a los aquí mencionados.

**Tabla 2.5.** Listado de riesgos en el área de galvanoplastia

TIPO DE RIESGO	RIESGO
Riesgos químicos 	La exposición a solventes orgánicos y las diversas fórmulas de limpieza, así como a sus vapores
	La exposición a polvos de metales potencialmente peligrosos generados por las operaciones mecánicas (desbarbado, cepillo de limpieza, etc), por liberación de gases y aerosoles de recubrimiento, o por la preparación de la superficie baños.
	La intoxicación crónica por inhalación o ingestión de productos químicos utilizados en los procesos de recubrimiento
	Dermatitis provocadas por la exposición de la piel a las fórmulas de limpieza, ácidos y soluciones alcalinas, solventes orgánicos
	Irritación de las mucosas (en particular de las vías respiratorias) por ácido o alcalino vapores o aerosoles, y otros productos químicos
Riesgos por accidente	Caída en pisos resbalosos por disolventes o soluciones acuosas, golpes por la caída de objetos pesados

TIPO DE RIESGO	RIESGO
	Descarga eléctrica causada por el contacto con equipo eléctrico defectuoso, cables, etc.
	Quemaduras por salpicaduras de los baños calientes, los solventes y otros líquidos, por vapores calientes, por contacto con superficies calientes
	Cortes y pinchazos por herramientas afiladas, bordes cortantes, etc
	Lesiones (en especial de los ojos) causada por proyección de partículas, en particular en el cepillo giratorio de limpieza o de las ruedas de molienda, o por salpicaduras de líquidos contenidos en los baños.
	Fuego y explosiones debido a la presencia de solventes inflamables utilizados en limpieza de superficies, el polvo de metales (por ejemplo, aluminio), o el hidrógeno liberado en algunos de los procesos, como el de recubrimiento.
	Vigorosas reacciones químicas provocadas por la mezcla incontrolada de productos químicos (por ejemplo, si el agua se mezcla con ácido sulfúrico concentrado)
	Intoxicación aguda por diferentes productos químicos utilizados en la preparación de la superficie y en placas; un peligro particular es causado por la posible liberación de un gas extremadamente venenoso - cianuro de hidrógeno - si se añaden ácidos a soluciones alcalinas o a baños electrolíticos que contengan sales de cianuro
	La intoxicación por fosgeno, que puede formarse cuando los disolventes clorados o sus vapores se calientan en contacto con una superficie caliente o una llama
Riesgos ergonómicos 	Quemaduras químicas por líquidos corrosivos
	Lesiones músculo-esqueléticas relacionadas con las posturas de trabajo incómodas (incluyendo flexión frecuente al insertar o eliminar plantillas de los baños de cromado)
	Sobreesfuerzo por la manipulación de grandes y / o voluminosas cargas Malestar y problemas psicológicos relacionados con el prolongado desgaste de la ropa de protección (incluidas las pesadas botas, impermeables, delantales y otras piezas), y el temor (a veces graves) causada por la conciencia de los aspectos peligrosos de la labor.

Adaptado de ILO (2010)

Independientemente de las medidas que se puedan tomar para minimizar los riesgos, es necesario tener presente los siguientes principios de seguridad RCS (2010):

- Asegurarse siempre de utilizar la herramienta adecuada al trabajo y a sus condiciones
- Ningún trabajo es tan importante para no hacerse con seguridad
- Nunca ignore, viole o haga un “by pass” a las guardas o dispositivos de seguridad
- Nunca tomar atajos, hacer el trabajo de manera adecuada, de manera segura
- No modificar algo sin la adecuada aprobación
- Recordar que las normas de seguridad e higiene existen por alguna razón, siempre hay que cumplirlas

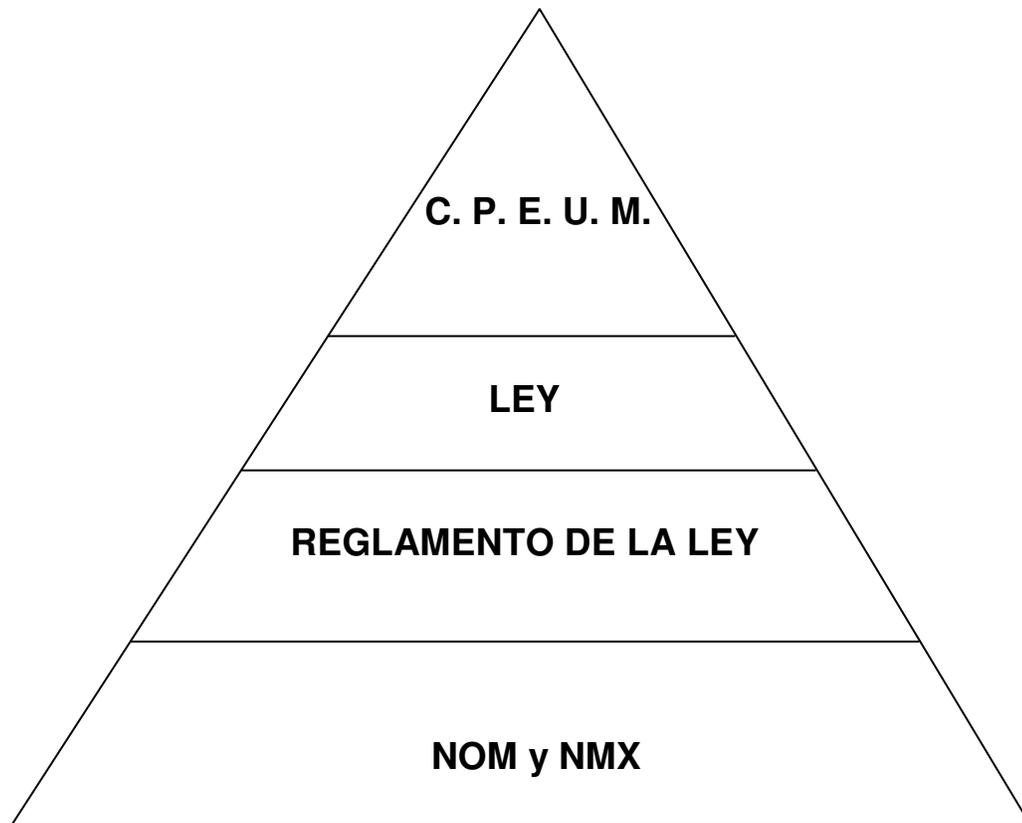
- Nunca ignorar una condición o acto inseguro, ni esperar a que alguien más lo solucione, repórtelo y asegúrese de que sea arreglado por el personal adecuado
- Seguir los procedimientos de seguridad y nunca desviarse de ellos
- Cuando exista duda pregunte siempre al personal con la experiencia y capacitación adecuada
- Ir por encima y más allá de las expectativas, siempre con seguridad

## **2.2 Marco jurídico del manejo de residuos peligrosos en el sector público**

En esta sección se contemplará un marco general de la legislación para el manejo de residuos peligrosos en donde se busca incluir aspectos relacionados en materia ambiental, de seguridad e higiene y en materia de transporte así como para la adquisición de servicios para el sector público.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) es la Ley Suprema de la Unión (artículo 133); está formada por 136 artículos en donde se otorgan facultades a los poderes ejecutivo, legislativo y judicial; cada artículo

puede ser desarrollado por una ley reglamentaria constitucional y cada una de éstas es, a su vez, aplicada a través de reglamentos.



**Figura 2.3.** Jerarquía de la legislación mexicana

Así, como se muestra en la pirámide de la figura 2.3., jerárquicamente la CPEUM se encuentra en la parte más alta, general e importante de la legislación; a continuación se encuentran las leyes, luego los reglamentos seguidos por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) y las Normas Mexicanas (NMX); es importante mencionar el papel fundamental que juegan los tratados internacionales de México ya que de ellos se desprenden muchos conceptos de las leyes ambientales, su jerarquía podría colocarse por debajo de la CPEUM y al nivel, e incluso por arriba, de la ley.

Las bases constitucionales sobre las que se fundamenta la legislación referente a la protección del ambiente se encuentran en la CPEUM, en sus artículos 4, 25, 27, 73, 115 y 122.

En el artículo 4, párrafo 4, se establece que “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.”

En el artículo 25, párrafos 1 y 6, se fundamenta el desarrollo sustentable, así como la conservación de los recursos productivos y el medio ambiente.

El artículo 27, trata de la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional y, en los párrafos 3, 4 y 5, se destacan el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, así como el ordenamiento ecológico y asentamientos humanos, entre otros conceptos ambientales.

En el artículo 73 la CPEUM otorga diversas facultades al congreso, entre ellas las siguientes en materia ambiental. En su fracción XVI, base 4<sup>a</sup>, para prevenir y combatir la contaminación ambiental; en su fracción XXIX-G para expedir leyes en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.

El artículo 115 establece en su fracción III que dentro de las funciones y servicios públicos a cargo de los municipios se encuentran los de agua potable, drenaje alcantarillado, tratamiento y disposición final de aguas residuales; así como la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos. Además, en su Fracción V establece que están facultados para participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración de programas de ordenamiento en esta materia.

En el artículo 122, apartado C, base primera, inciso j), establece que la Asamblea Legislativa del DF tendrá la facultad de legislar, entre otras, en materia de preservación del ambiente y protección ecológica. En su apartado G, dispone que el Distrito Federal podrá suscribir convenios, entre otras materias, en protección al ambiente; preservación y restauración del equilibrio ecológico; agua potable y drenaje; recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos.

A partir de los lineamientos constitucionales, y de lo establecido en las leyes generales que se dicten con fundamento en la CPEUM, el marco jurídico puede ser de competencia federal o local y su cumplimiento es obligatorio. Por lo anterior, ambas autoridades cuentan con instrumentos, ó trámites administrativos, que permitan dar seguimiento a dicho cumplimiento.

En materia de residuos, para el caso de particulares que se encuentren en el Distrito Federal, se debe tener presente el cumplimiento de la licencia ambiental única federal (LAU), la cédula de operación anual (COA), la licencia ambiental única del distrito federal (LAUDF); adicionalmente, en el DF, se debe atender lo dispuesto en la ley de residuos sólidos (LRSDF) y su reglamento.

La Licencia Ambiental Única Federal (LAU) es un instrumento multimedia de regulación directa para el sector industrial de jurisdicción federal. Las condicionantes establecidas en esta autorización se basan en el marco legal ambiental vigente para la operación y funcionamiento. Coordina en un solo proceso la evaluación y dictamen integrado de los trámites ambientales que la industria necesita realizar ante la SEMARNAT. Las fuentes fijas de jurisdicción federal que deberán tramitar su LAU son las industrias Químicas, del Petróleo y Petroquímica, de Pinturas y Tintas, Automotriz, de Celulosa y Papel, Metalúrgica,

del Vidrio, de Generación de Energía Eléctrica, del Asbesto, Cementera y Calera, y de Tratamiento de Residuos Peligrosos. (SEMARNAT, 2010)

Su principal característica es el enfoque integral con el cual se analizan los impactos al aire, agua y suelo de las actividades económicas que de manera aislada se realizaban en los diferentes permisos, autorizaciones y licencias.

La LAU es única por establecimiento industrial e integra los trámites de impacto ambiental y riesgo, de emisiones a la atmósfera, generación de residuos peligrosos y de servicios hidráulicos. Es obligatoria para establecimientos de jurisdicción federal en materia de atmósfera de nueva creación o que requieren regularización; la LAU se otorga bajo tres modalidades:

- Licencia nueva: es obligatoria para establecimientos de jurisdicción federal en materia de atmósfera de nueva creación.
- Relicenciamiento: es otorgada a establecimientos industriales de jurisdicción federal que cuentan con licencia de funcionamiento, pero deciden relicenciarse bajo el esquema de LAU.
- Regularización: para los establecimientos industriales de jurisdicción federal que operan sin ninguna condicionante de operación establecida por SEMARNAT

La Cédula de Operación Anual (COA) apoya el cumplimiento a las obligaciones fundamentadas en la modificación del artículo 109 bis de la LGEEPA y en los reglamentos que de ella derivan en materia de atmósfera y registro de emisiones y transferencia de contaminantes (RETC).

El fundamento jurídico de la Cédula de Operación Anual se contempla en el cumplimiento a:

- a) Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
  - i. Reglamento de la LGEEPA en materia de RETC
  - ii. Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera
- b) Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento
- c) Ley General para Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento

Las empresas que deberán reportar a través del formato de la COA son aquellas que realizan actividades consideradas de jurisdicción federal en materia de atmósfera, los establecimientos generadores de residuos peligrosos, los establecimientos que descargan aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas o bienes nacionales, así como las fuentes fijas de jurisdicción federal que

cuenten con licencia otorgada por la secretaria del medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT).

Los principales objetivos de la COA son:

- Recopilar información anual multimedia sobre las emisiones y transferencias de contaminantes y sustancias,
- Facilitar el seguimiento del desempeño ambiental en la operación del establecimiento,
- Recabar información de apoyo para el sustento de la toma de decisiones en materia de atmósfera, residuos peligrosos y protección ambiental en general, y la formulación de criterios y políticas ambientales,
- Actualizar la base de datos del RETC con información ambiental anual de los establecimientos de jurisdicción federal.

La información contenida en la COA permite al sector industrial detectar áreas de oportunidad para establecer las acciones de solución a problemas específicos en el proceso productivo y también para la planeación ambiental. Debido al enfoque multimedia del formato de la COA, la empresa podrá analizar la información y definir prioridades en procesos que promuevan el uso de tecnologías limpias que solucionen problemas ambientales integrales específicos.

Esto le permitirá ampliar el concepto de tecnologías limpias y evaluar, sobre bases firmes y conociendo toda la información ambiental de su establecimiento, la conveniencia de también sustituir materias primas y sustancias peligrosas que disminuyan el deterioro ambiental y obtener productos verdes. La reestructuración o modernización de los procesos permitirá la racionalización y el adecuado uso de agua, energía y combustibles; además de considerar la reutilización, el reciclado, co-procesamiento o tratamiento de residuos y subproductos, antes de llegar a la disposición final.

En materia de legislación local para el DF, la Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal tiene como prioridad lograr que la preservación y el uso sustentable de los recursos constituyan un propósito y una acción colectiva.

Para lograr sus objetivos, la política ambiental privilegiará los instrumentos y acciones dirigidos a fomentar entre las y los ciudadanos la responsabilidad, el conocimiento y la capacidad para prevenir y enfrentar colectivamente la solución de los problemas ambientales.

El instrumento legal que permite a las industrias reportar información de competencia local para el Distrito Federal en materia ambiental es la Licencia Ambiental Única del Distrito Federal (LAUDF).

Este procedimiento se estableció con el objetivo de coordinar e integrar en un sólo proceso el conjunto de trámites que concentra este trámite, este procedimiento se atiende en la Dirección de Regulación Ambiental de la SMADF.

El 10 de febrero de 2004, este instrumento se convirtió en el trámite único, mediante el cual las fuentes fijas ubicadas en el Distrito Federal dan cumplimiento a las obligaciones ambientales que les corresponden de acuerdo a su actividad y que están establecidas en la legislación vigente aplicable.

La instrumentación de la LAUDF, ofrece un enorme potencial para mejorar la calidad de la información en materia de aire, agua, suelo, ruido y residuos que se obtiene de los particulares. La información recibida permite a la Secretaría del Medio Ambiente integrar los inventarios de emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales y residuos sólidos, así como el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), mejorando los elementos para la toma de decisiones en materia de protección ambiental y contribuyendo a la formulación de criterios y políticas ambientales.

Además, esta información permite a los establecimientos industriales, mercantiles y de servicios, realizar un análisis detallado de los puntos donde se está generando contaminación y los problemas inherentes a ello, como ejemplo el control de inventarios, cambio de materias primas, control de los procesos, las prioridades en materia de procesos que promuevan el uso de tecnologías limpias, racionalización del uso del agua y la energía, el uso de mejores combustibles, el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de calentamiento, así como el reciclaje de residuos o subproductos o bien los que sean factibles a ser aprovechados nuevamente por otros establecimientos. Todo esto, con el objetivo de mejorar las condiciones ambientales y la calidad de vida de los ciudadanos del Distrito Federal.

La información que se solicita en la LAUDF está dividida en 5 anexos que son los siguientes:

- A. Emisiones a la atmósfera
- B. Descarga de aguas residuales
- C. Generación y manejo de residuos sólidos
- D. Generación de ruido y vibraciones
- E. Registro de emisión y transferencia de contaminantes (RETC)

Están obligados a tramitar la LAUDF los establecimientos industriales, comerciales, de servicios o espectáculos ubicados en el Distrito Federal que emitan o puedan emitir olores, gases, partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, que viertan descargas de aguas residuales a los cuerpos de aguas y a los sistemas de drenaje y alcantarillado, generen residuos sólidos, emitan ruido y vibraciones, o manejen alguna de las sustancias señaladas en la Tabla 1 del formato del anexo E de la LAUDF.

El listado de establecimientos que por su capacidad y actividad no se encuentran sujetos a tramitar la LAUDF, fue publicado el 9 de abril de 2007, en la Gaceta Oficial del Distrito Federal ([www.sma.df.gob.mx/laudf/](http://www.sma.df.gob.mx/laudf/)); la publicación de las actualizaciones pueden revisarse en la misma Gaceta.

Cabe aclarar que los giros industriales de competencia federal también están obligados a realizar este trámite en caso de que viertan aguas residuales distintas a las domésticas a los sistemas de drenaje y alcantarillado del Distrito Federal; esto con fundamento en los artículos 152, 153, 154, 155, 156, 157 y 160 de la Ley Ambiental del Distrito Federal. En estos casos sólo es necesaria la presentación de la información de competencia local, es decir los anexos B, C y D de la LAUDF

La Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF) tiene por objeto regular la gestión integral de los residuos considerados como no peligrosos, así como la prestación del servicio de limpia en el D.F.

Toda persona que genere residuos sólidos tiene la propiedad y responsabilidad de su manejo hasta el momento en que son entregados al servicio de recolección, o depositados en los contenedores o sitios autorizados para tal efecto por la autoridad competente (Artículo 21).

Entre otros, es responsabilidad de toda persona, física o moral, en el D.F. (Artículo 24) separar, reducir y evitar la generación de los residuos sólidos, fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos sólido, así como almacenar los residuos sólidos con sujeción a las normas sanitarias y ambientales para evitar daño a terceros y facilitar la recolección.

Conforme el reglamento de la LRSDF, además de lo dispuesto en la ley, la política ambiental en materia de residuos sólidos tiene como finalidad: prevenir y reducir la generación de residuos sólidos y su nocividad a la salud humana y al medio ambiente; organizar la gestión integral de los residuos sólidos y la disminución de su volumen; establecer los mecanismos adecuados para garantizar la incorporación de los costos ambientales producidos desde la generación de los residuos sólidos hasta su disposición final, incluyendo el resto de las etapas de su manejo; valorizar los residuos sólidos para su reutilización o reciclaje; involucrar a todos los actores en la minimización y mejor manejo de los residuos sólidos; asegurar la corresponsabilidad de toda persona o ente público respecto de las afectaciones al medio ambiente o salud pública derivadas de la generación y manejo de los residuos sólidos; establecer mecanismos de difusión a la ciudadanía respecto de los procesos de generación y manejo de residuos sólidos tendientes a prevenir y disminuir los efectos negativos en el medio ambiente y la salud pública; y realizar diagnósticos ambientales y urbanos de carácter estratégico en proyectos públicos y privados de alto impacto ambiental y del ordenamiento territorial en materia de manejo y gestión integral de residuos sólidos.

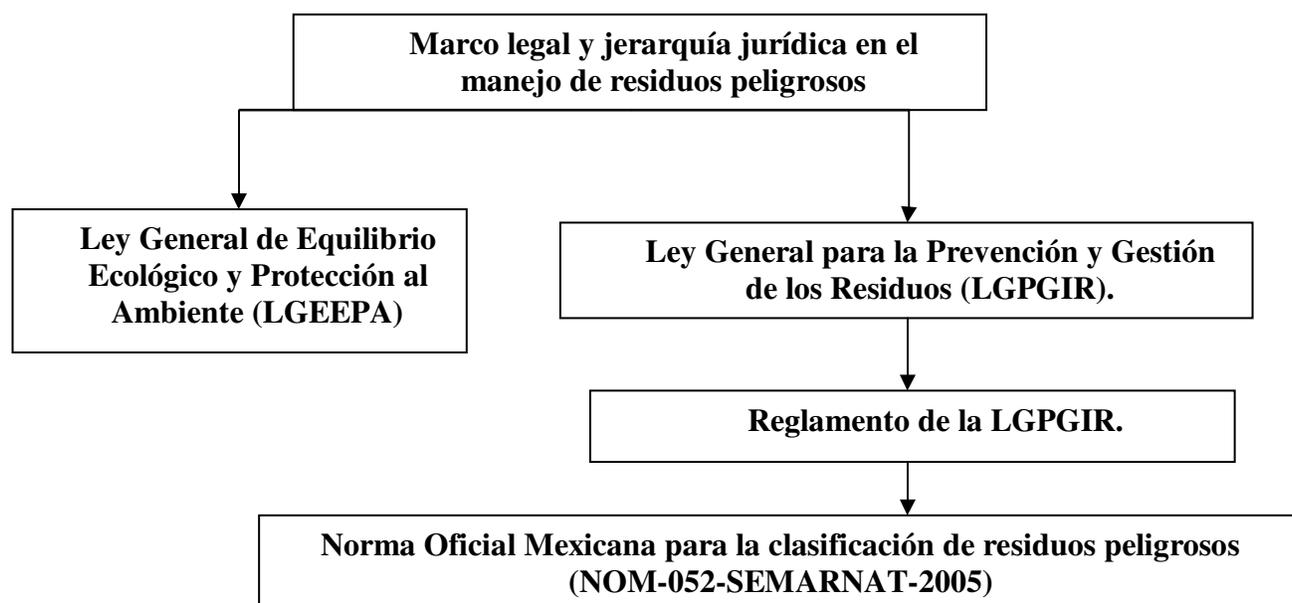
Los trámites mencionados, así como la LRSDF y su reglamento, son tema fundamental en la gestión ambiental para el manejo de residuos y deben ser considerados; sin embargo, no son objetivo del presente trabajo y su mención es para no dejar desapercibida su importancia.

Con independencia de lo anterior, y considerando que el manejo de residuos peligrosos es de competencia federal, a continuación se hace mención de los aspectos legales requeridos para el manejo de este tipo de residuos en materia ambiental, de seguridad e higiene, transporte y, para el caso del servidor público, en materia de adquisiciones.

### 2.2.1 Marco jurídico en materia ambiental

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la dependencia de gobierno que tiene como propósito fundamental "fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales, y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable" (Ley Orgánica de la Administración Pública, Artículo 32 bis); por lo anterior, dentro de sus funciones, se encuentra el regular en materia de residuos peligrosos.

Con base en los sustentos otorgados por la CPEUM, se ha desarrollado un marco legal en materia ambiental encabezado por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Para poner en práctica los lineamientos y principios establecidos en la LGEEPA, existe el reglamento de la LGEEPA en diversas materias como la atmosférica o en impacto ambiental. La información presentada a continuación fue revisada y adaptada de Brañes (2000), Ferro (2006) y Hernández (2004), así como de las leyes, reglamentos y normas correspondientes.



**Figura 2.4.** Diagrama de flujo de la jerarquía jurídica en materia ambiental para el manejo de residuos peligrosos

Dentro del marco legal ambiental, los lineamientos jurídicos para el manejo de residuos fueron establecidos primero en la LGEEPA y en su reglamento en materia de residuos peligrosos. Dichos lineamientos fueron derogados cuando entró en vigor la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (LGPGIR) y su reglamento; sin embargo, para aquellos conceptos no relacionados directamente con el manejo de residuos peligrosos pero que son útiles para su gestión, se sigue utilizando a la LGEEPA. Por otro lado, en la NOM-052-SEMARNAT-2005 se plantean los lineamientos para la clasificación de los residuos peligrosos, la jerarquía de este marco legal se presenta en la figura 2.4.

a) Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

Es en la LGEEPA en donde el desarrollo sustentable se define como “el proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.”

b) Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Entre otros, la LGPGIR tiene “por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial;...”.

Con la finalidad de brindar una gestión adecuada a los residuos, la LGPGIR define al plan de manejo como el “instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el diagnóstico básico para la gestión integral de residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda...”

En este sentido, la clasificación de un residuo como peligroso se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los

conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo. En este sentido, la norma de referencia para la clasificación de un residuo es la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Con objeto de prevenir y reducir los riesgos a la salud y al ambiente, asociados con la generación y el manejo integral de residuos peligrosos, se deberán considerar cuando menos alguno de los siguientes factores que contribuyan a que los residuos peligrosos constituyan un riesgo:

- La forma de manejo
- La cantidad
- La persistencia de las sustancias tóxicas y la virulencia de los agentes infecciosos contenidos en ellos
- La capacidad de las sustancias tóxicas o agentes infecciosos contenidos en ellos, de movilizarse hacia donde se encuentren seres vivos o cuerpos de agua de abastecimiento
- La biodisponibilidad de las sustancias tóxicas contenidas en ellos y su capacidad de bioacumulación
- La duración e intensidad de la exposición
- La vulnerabilidad de los seres humanos y demás organismos vivos que se expongan a ellos

Es de mencionar que además de los residuos peligrosos, la LGPGIR contempla también a los residuos sólidos urbanos y a los residuos de manejo especial, siendo su manejo de una jurisdicción diferente a la federal y de conformidad con los programas estatales y municipales para la prevención y la gestión integral de los residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.

Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo correspondientes con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la SEMARNAT, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.

La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la SEMARNAT y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador; por lo anterior, los generadores de residuos peligrosos deberán cerciorarse ante la SEMARNAT que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.

c) Reglamento de la LGPGIR

A partir de los lineamientos establecidos en la LGPGIR y en relación con el manejo integral de los residuos así como con los planes de manejo, el reglamento de esta ley plantea especificaciones para establecer modalidades de planes de manejo, condiciones particulares de manejo, registro e incorporación a los planes de manejo, identificación de residuos peligrosos, categorización de generadores, disposiciones comunes a los generadores de residuos peligrosos y criterios de operación en el manejo integral de residuos peligrosos.

La SEMARNAT cuenta con dos instrumentos de gestión que le permiten obtener información de competencia federal en materia ambiental de las empresas. Dichos instrumentos son la Licencia Ambiental Única Federal y la Cédula de Operación Anual, los cuales tienen entre sus objetivos recabar información de apoyo para el sustento de la toma de decisiones en materia de atmósfera, residuos peligrosos y protección ambiental en general, así como la formulación de criterios y políticas ambientales.

d) Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005

Dentro de las normas de jurisdicción federal (Normas Oficiales Mexicanas, NOM) en materia ambiental, la norma que establece las características, el procedimiento de identificación, la clasificación y los listados de los residuos peligrosos es la NOM-052-SEMARNAT-2005.

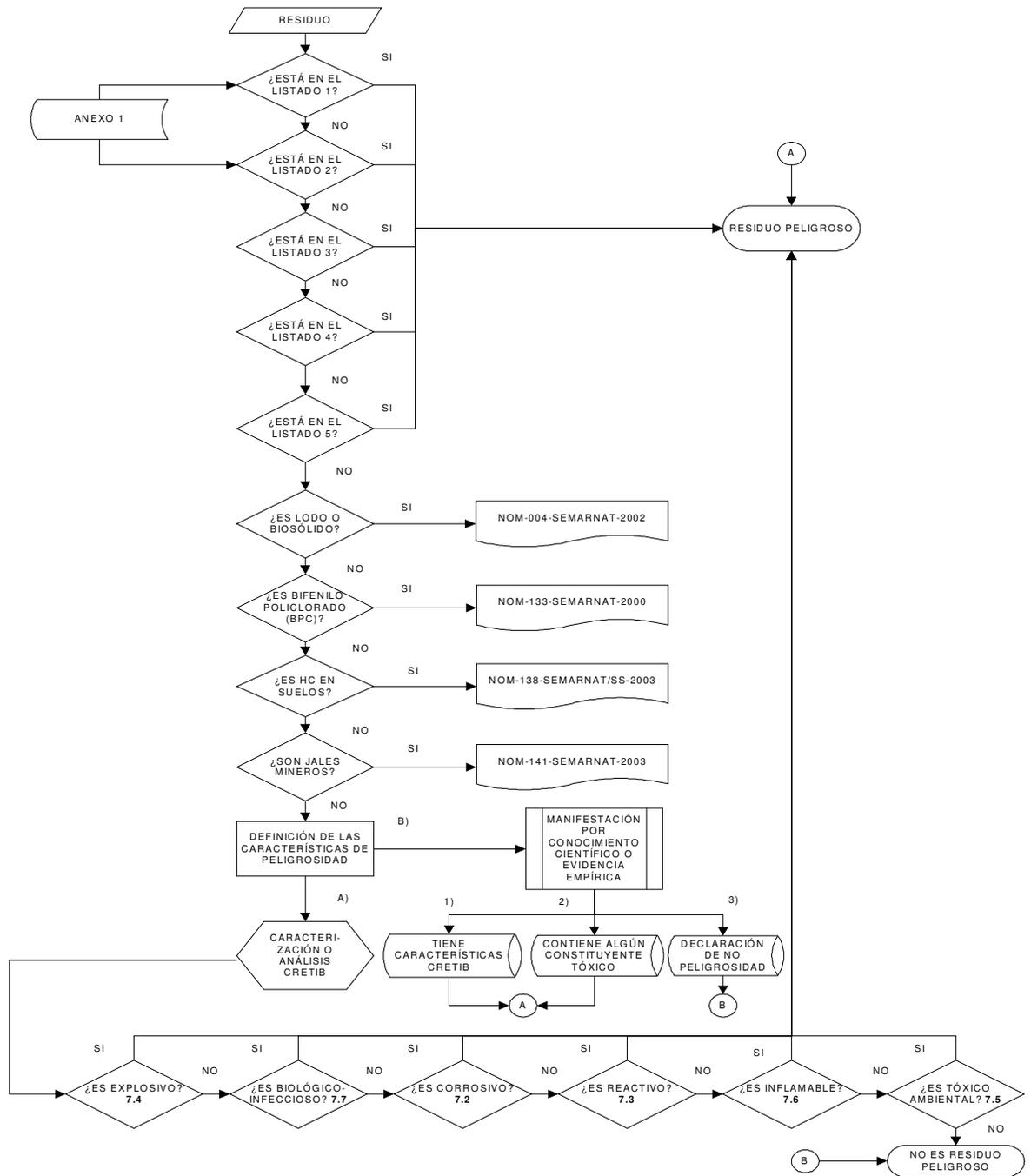
Para determinar si un residuo es peligroso, la norma indica una serie de pasos que se resumen a continuación y se muestran en la figura 2.5.:

- Revisar si el residuo en cuestión se encuentra en uno de los 5 listados de la norma para la clasificación por fuente específica, por fuente no específica, del desecho de productos químicos fuera de especificaciones o caducos (tóxicos agudos), del desecho de productos químicos fuera de especificaciones o caducos (tóxicos crónicos) y por tipo de residuos sujetos a condiciones particulares de manejo.
- Si los residuos son lodos y biosólidos, se regulan por la norma NOM-004-SEMARNAT-2002.
- Aquellos que contienen bifenilos policlorados (BPC), se regulan por la norma NOM-133-SEMARNAT-2000.
- Los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos se regulan por la norma NOM-138-SEMARNAT/SS-2003.
- Los jales mineros se rigen por la norma NOM-141-SEMARNAT-2003.

Si el residuo no se encuentra en ninguno de los supuestos de los puntos anteriores, se deberá determinar si éste presenta alguna de las siguientes características de peligrosidad: *corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad ambiental, inflamabilidad, biológico-infeccioso (C,R,E,T,I,B)*.

Esta determinación se llevará a cabo mediante alguna de las opciones que se mencionan a continuación y conforme los parámetros de la NOM-052-SEMARNAT-2005:

- Caracterización o análisis CRIT de los residuos junto con la determinación de las características de explosividad y biológico-infeccioso
- Manifestación basada en el conocimiento científico o la evidencia empírica sobre los materiales y procesos empleados en la generación del residuo; es decir, si el generador sabe que su residuo tiene alguna de las características de peligrosidad, si sabe que el residuo contiene un constituyente tóxico que lo hace peligroso o si el generador declara, bajo protesta de decir verdad, que su residuo no es peligroso.



**Figura 2.5.** Diagrama de flujo para la clasificación de residuos peligrosos  
 Fuente: NOM-052-SEMARNAT-2005

## 2.2.2 Marco jurídico en materia de seguridad e higiene, transporte y adquisiciones

Al igual que en el marco jurídico en materia ambiental, el marco jurídico en materia laboral y en materia de transporte, respeta una jerarquía cuya máxima importancia radica en la CPEUM, y posteriormente en la Ley Federal correspondiente y en sus reglamentos.

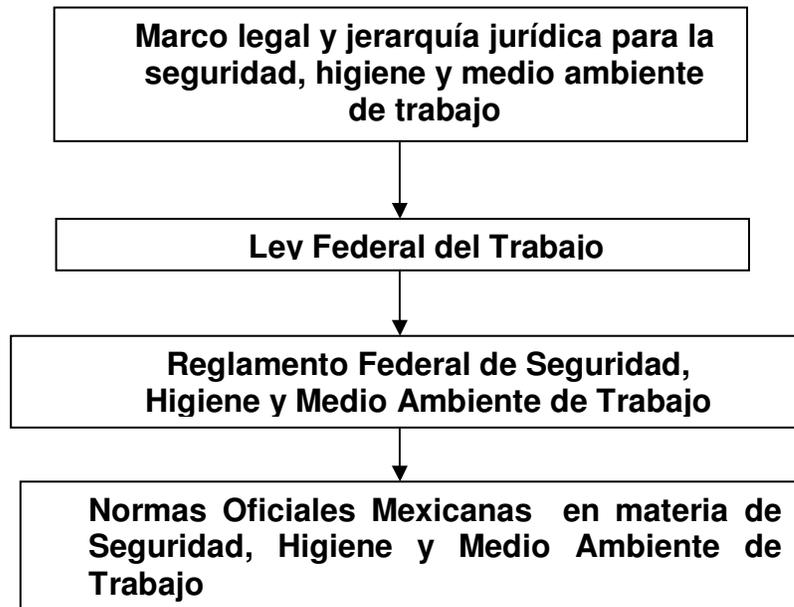
En cuanto a las bases constitucionales para la legislación que compete al marco laboral, particularmente en materia de seguridad e higiene industrial, el artículo 123, fracción XV, establece que “el patrón estará obligado a observar,..., los preceptos legales sobre higiene y seguridad...y adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes...”.

A partir de lo anterior, la Ley Federal del Trabajo en su Artículo 132, fracción XVI, establece que el patrón estará obligado a instalar, de acuerdo con los principios de seguridad e higiene, condiciones adecuadas para prevenir riesgos de trabajo.

En el caso de seguridad e higiene, el reglamento que compete es el Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de trabajo. En la figura 2.6. se presenta un diagrama de flujo de la jerarquía para la legislación en materia laboral, particularmente en materia de seguridad e higiene.

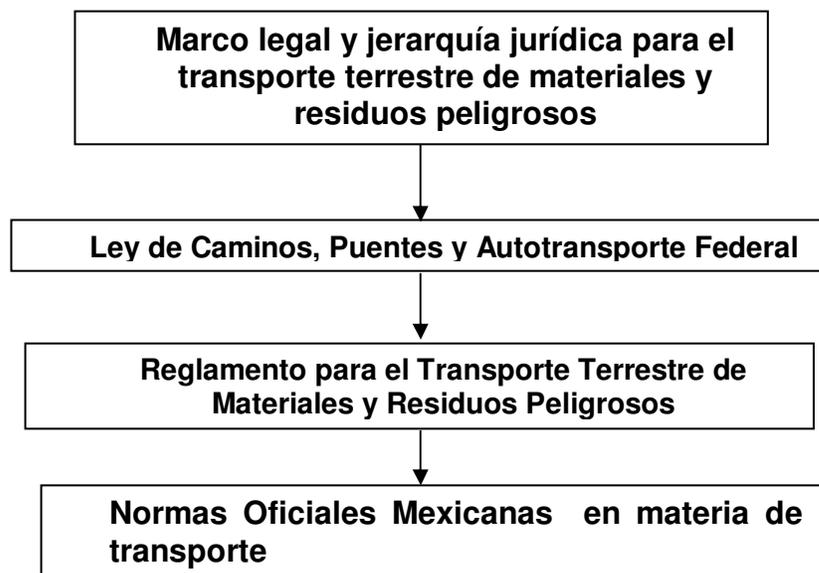
Conocer los riesgos a los cuales se exponen los trabajadores del área de galvanoplastia, las medidas para mitigarlos, conocer y respetar los principios de seguridad y atender la normatividad en esta materia, proporcionará un ambiente seguro de trabajo.

Aún cuando desde el punto de vista técnico existe un amplio marco normativo en esta materia, es de resaltar que la actitud y la aptitud del factor humano en todos los niveles, debe ser favorable y consciente de su importancia dado que está en juego la salud e integridad física de las personas involucradas.



**Figura 2.6.** Diagrama de flujo de la jerarquía para la legislación en materia de seguridad e higiene

Para el transporte en general, se deben atender los lineamientos de las leyes referentes al autotransporte federal, sus reglamentos y normas; sin embargo, para el transporte de materiales y residuos peligrosos, se destacan la “Ley de caminos, puentes y auto transporte federal”, el “Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos” y las normas aplicables (figura 2.7).



**Figura 2.7.** Diagrama de flujo de la jerarquía para la legislación en materia de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos

Además de los preceptos jurídicos en materia ambiental, transporte y seguridad e higiene, cuando una actividad productiva se lleva a cabo dentro del sector público, resulta necesario atender normatividad que rige a los servidores públicos.

Así, para que una empresa del sector público pueda realizar la contratación de productos ó servicios, por ejemplo, la adquisición de un servicio para el manejo de residuos peligrosos hasta su destino final, debe cumplir con los procedimientos de contratación establecidos en la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público.

Dentro de estos procedimientos se deberán establecer los mismos requisitos y condiciones para todos los participantes; debiendo proporcionar a todos los interesados igual acceso a la información relacionada con la adquisición, a fin de evitar favorecer a algún participante.

En este sentido, las adquisiciones, arrendamientos y servicios se adjudicarán, por lo general, a través de licitaciones públicas, mediante convocatoria pública, para que libremente se presenten proposiciones solventes en sobre cerrado, que será abierto públicamente, a fin de asegurar al estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad, eficiencia energética, uso responsable del agua, optimización y uso sustentable de los recursos, así como la protección al medio ambiente y demás circunstancias pertinentes, de acuerdo con lo que establece la mencionada ley. Además de las licitaciones públicas, también se consideran procedimientos como la invitación a cuando menos tres personas o la adjudicación directa.

Para caso del manejo de residuos peligrosos, sucede que las mejores condiciones de calidad, uso sustentable de los recursos y protección al medio ambiente no son las mejores condiciones en cuanto a precio, por lo que resulta difícil empatar ambas circunstancias y, por dar prioridad al costo, se llega a caer en graves riesgos durante el manejo de los residuos.

Por lo anterior, es necesario definir las características de un servicio para el manejo de residuos que permita brindar un manejo de los residuos peligrosos ambientalmente adecuado, así como minimizar el riesgo de adjudicar contratos a empresas que pongan en riesgo el medio ambiente y a la entidad pública que contrate el servicio, por lo cual se propone la metodología que se describe en el siguiente capítulo.

### 3.METODOLOGÍA

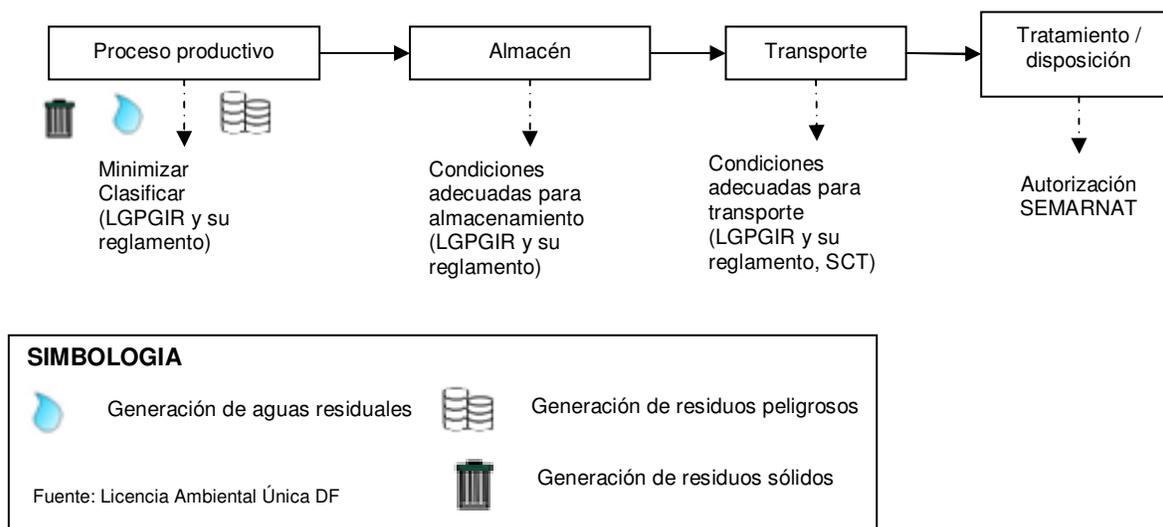
Para poder elaborar un plan de manejo de residuos peligrosos que permita una gestión adecuada se tendrá como herramientas fundamentales la LGPGIR y su reglamento.

A partir de estos fundamentos legales, es necesario identificar, almacenar, transportar y disponer los residuos peligrosos mediante mecanismos ambientalmente adecuados y, además, minimizar la generación de residuos peligrosos en términos de eficiencia ambiental.

En la figura 3.1. se presenta un esquema para el proceso del manejo de residuos. En dicho esquema se plantean 4 pasos generales en la generación y manejo de residuos: proceso productivo, almacén, transporte y tratamiento ó disposición final.

Con independencia del manejo que se deba dar a los residuos peligrosos desde su generación hasta su destino final, una empresa del sector público debe buscar una estructura para la adquisición de servicios que le permita contar con un plan de manejo funcional y, a su vez, contratar a un prestador que brinde garantía del cumplimiento legal en materia ambiental para el manejo de residuos.

La metodología propuesta presentará entonces los pasos que se deben seguir tanto para el manejo de residuos peligrosos en una empresa gubernamental, como alternativas para la contratación de prestadores de servicio que participen en dicho manejo hasta el destino final de los residuos.



**Figura 3.1.** Diagrama para manejo de residuos

Como primer paso se menciona el proceso productivo ya que es ahí donde se lleva a cabo la generación de residuos peligrosos; en la figura 3.1 éstos se representan conforme los íconos establecidos en la LAUDF. Es en este punto

donde se debe buscar minimizar su generación a partir de una reingeniería que puede incluir cambios en el proceso, optimización de recursos, cambios de materia prima, entre otros. También, es aquí donde se deben clasificar los residuos en apego a lo establecido en la LGPGIR y su reglamento.

Una vez generado, identificado y envasado el residuo peligroso, el siguiente paso es su almacenamiento el cual debe cumplir las condiciones adecuadas en apego a lo establecido en la LGPGIR y su reglamento, mismas que se describen en la presente sección y a lo largo del trabajo.

Para el transporte, además de contar con las condiciones adecuadas en apego a lo establecido en la LGPGIR y su reglamento, resulta necesario atender también la legislación en materia de transporte para materiales y residuos peligrosos conforme lo indica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Finalmente, atendiendo las indicaciones y requisitos de la SEMARNAT, los residuos peligrosos deberán recibir un tratamiento que elimine sus características de peligrosidad y/o deberán ser dispuestos en un centro controlado.

Por lo anterior, a continuación se enunciarán pasos que permitan el apego a los lineamientos jurídicos para elaborar un plan de manejo para residuos peligrosos.

Conforme lo estipula la LGPGIR en el artículo 45, los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en dicha Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría.

Así, en su artículo 32, la LGPGIR indica que los elementos y procedimientos que se deben considerar al formular los planes de manejo estarán basados en los principios que en ella se señalan y se especificarán en las normas oficiales mexicanas correspondientes; sin embargo, al mes de marzo de 2010 no se encuentran dichas normas y, para cumplir con lo solicitado por la LGPGIR, resulta necesario elaborar los planes de manejo en función de los lineamientos legales existentes.

Para poder elaborar un plan de manejo, en primer lugar se debe identificar si las características y cantidades de los residuos generados obligan al generador a elaborar y registrar un plan de manejo ante la SEMARNAT. De ser el caso, deberá definir su categoría como generador de residuos peligrosos, así como la modalidad del plan de manejo. Para tal fin, la LGPGIR y su reglamento establecen los lineamientos que se presentan en los siguientes párrafos.

A partir de la generación anual de residuos peligrosos, el generador se debe auto categorizar atendiendo el artículo 42 del reglamento de la LGPGIR:

- Gran generador: el que realiza una actividad que genere una cantidad igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- Pequeño generador: el que realice una actividad que genere una cantidad mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.
- Microgenerador: el establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

Según el artículo 30 de la LGPGIR, la determinación de residuos que podrán sujetarse a planes de manejo se llevará a cabo con base en los criterios siguientes y los que establezcan las normas oficiales mexicanas:

- I. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico
- II. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores
- III. Que se trate de residuos que contengan sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables
- IV. Que se trate de residuos que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

De acuerdo con la LGPGIR, artículo 28, estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en los residuos peligrosos a los que hacen referencia las fracciones I a XI del artículo 31 de la LGPGIR y los que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes, así como los generadores de los residuos peligrosos a los que se refieren las fracciones XII a XV del artículo 31 y de aquellos que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes.

Así, según lo que establece el artículo 31 de la LGPGIR, estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:

- I. Aceites lubricantes usados
- II. Disolventes orgánicos usados

- III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores
- IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo
- V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio
- VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio
- VII. Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo
- VIII. Fármacos
- IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos
- X. Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados
- XI. Lodos de perforación base aceite, provenientes de la extracción de combustibles fósiles y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales cuando sean considerados como peligrosos
- XII. La sangre y los componentes de ésta, sólo en su forma líquida, así como sus derivados
- XIII. Las cepas y cultivos de agentes patógenos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación y en la producción y control de agentes biológicos
- XIV. Los residuos patológicos constituidos por tejidos, órganos y partes que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica que no estén contenidos en formol
- XV. Los residuos punzo-cortantes que hayan estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas de bisturí, lancetas, jeringas con aguja integrada, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuajes

Adicionalmente, conforme el artículo 35 del reglamento de la LGPGIR, la identificación de los residuos peligrosos será de acuerdo con lo siguiente:

- I. Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la LGPGIR;
- II. Los clasificados en las normas oficiales mexicanas correspondientes mediante:
  - a) Listados de los residuos por características de peligrosidad: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad; agrupados por fuente específica y no específica; por ser productos usados, caducos, fuera de

especificación o retirados del comercio y que se desechen; o por tipo de residuo sujeto a condiciones particulares de manejo

- b) Criterios de caracterización y umbrales que impliquen un riesgo al ambiente por corrosividad, reactividad, explosividad, inflamabilidad, toxicidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad
- c) Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados

La determinación de un residuo como peligroso, basada en el conocimiento empírico del generador, aplica para aquellos residuos derivados de procesos o de la mezcla de residuos peligrosos con cualquier otro material o residuo. Si con base en el conocimiento empírico de su residuo el generador determina que alguno de sus residuos no es peligroso, ello no lo exime del cumplimiento de las disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

Cuando exista una mezcla de residuos listados como peligrosos o caracterizados como tales por su toxicidad, con otros residuos, aquélla será peligrosa.

Cuando dentro de un proceso se lleve a cabo una mezcla de residuos con otros caracterizados como peligrosos, por su corrosividad, reactividad, explosividad o inflamabilidad, y ésta conserve dichas características, será considerada residuo peligroso.

Si el generador tiene la obligación de contar con un plan de manejo, debe definir la modalidad del plan; de acuerdo con el artículo 16 del reglamento de la LGPGIR, los planes de manejo para residuos se podrán establecer en una o más de las siguientes modalidades:

- I. Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos, podrán ser:
  - a) Privados: los instrumentados por los particulares que conforme a la LGPGIR se encuentran obligados a la elaboración, formulación e implementación de un plan de manejo de residuos
  - b) Mixtos: los que instrumenten los señalados en el inciso anterior con la participación de las autoridades en el ámbito de sus competencias
- II. Considerando la posibilidad de asociación de los sujetos obligados a su formulación y ejecución, podrán ser:
  - a) Individuales: aquéllos en los cuales sólo un sujeto obligado establece en un único plan el manejo integral que dará a uno, varios o todos los residuos que genere

- b) Colectivos: aquéllos que determinan el manejo integral que se dará a uno o más residuos específicos y el cual puede elaborarse o aplicarse por varios sujetos obligados

III. Conforme a su ámbito de aplicación, podrán ser:

- a) Nacionales, cuando se apliquen en todo el territorio nacional
- b) Regionales, cuando se apliquen en el territorio de dos o más estados o el Distrito Federal, o de dos o más municipios de un mismo estado o de distintos estados
- c) Locales, cuando su aplicación sea en un solo estado, municipio o el Distrito Federal

IV. Atendiendo a la corriente del residuo

Atendiendo al artículo 20 del mencionado reglamento, los sujetos que conforme a la ley estén obligados a la elaboración de planes de manejo podrán implementarlos mediante la suscripción de los instrumentos jurídicos que estimen necesarios y adecuados para fijar sus responsabilidades. En este caso, sin perjuicio de lo pactado por las partes, dichos instrumentos podrán contener lo siguiente:

I. Los residuos objeto del plan de manejo, así como la cantidad que se estima manejar de cada uno de ellos

II. La forma en que se realizará la minimización de la cantidad, valorización o aprovechamiento de los residuos

III. Los mecanismos para que otros sujetos obligados puedan incorporarse a los planes de manejo, y

IV. Los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo

En este sentido, conforme el artículo 24 del reglamento de la LGPGIR, el generador de residuos peligrosos deberá incorporar la siguiente información, misma que se requerirá para poder registrar el plan de manejo ante la SEMARNAT:

- a) Nombre, denominación o razón social del solicitante, domicilio, giro o actividad preponderante, nombre de su representante legal
- b) Modalidad del plan de manejo
- c) Residuos peligrosos objeto del plan, especificando sus características físicas, químicas o biológicas y el volumen estimado de manejo
- d) Formas de manejo

- e) Nombre, denominación o razón social de los responsables de la ejecución del plan de manejo.

Para poder identificar las cantidades de los residuos generados y definir si sus características les otorgan el carácter de peligrosos conforme los lineamientos de la LGPGIR y su reglamento, es útil hacer una descripción esquemática del proceso productivo para ubicar las áreas de generación. Para hacer esta descripción se utilizará la estructura de la figura 3.1.

Ubicados los residuos generados y los puntos de generación, las características de peligrosidad de los residuos se determinarán a partir de lo establecido en la LGPGIR y su reglamento, así como en la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Los residuos peligrosos identificados se presentaran en una o varias tablas donde se puedan relacionar con sus puntos de generación, su estimación de cantidades generadas, así como con los lineamientos de la NOM-052-SEMARNAT-2005

Una descripción del proceso productivo en donde se identifican los puntos de generación de residuos también es útil para localizar puntos de mejora en el proceso. Por lo anterior, se buscarán alternativas que permitan mejorar y hacer más eficiente el proceso desde el punto de vista de la generación de residuos.

Además de realizar la identificación de los residuos peligrosos, se deben atender las condiciones establecidas en la LGPGIR y su reglamento para el almacenamiento de los residuos peligrosos, por lo cual a continuación se enuncian los lineamientos que deben ser considerados en el plan de manejo.

Conforme el artículo 84 del reglamento de la LGPGIR, los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses, según lo estipulado en el artículo 56, párrafo segundo de la LGPGIR; no se entenderá por interrumpido el plazo de seis meses cuando el poseedor de los residuos cambie su lugar de almacenamiento. Procederá la prórroga para el almacenamiento cuando se someta una solicitud al respecto a la SEMARNAT cumpliendo los requisitos que establezca el Reglamento de la LGPGIR.

Para el manejo interno de los residuos desde su punto de generación hasta su almacenamiento se deben atender los lineamientos establecidos en normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo, de las cuales se destacan las siguientes:

NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.

NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad - Prevención, protección y combate

de incendios en los centros de trabajo.

NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones y procedimientos de seguridad.

NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

NOM-022-STPS-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.

Además de las listadas anteriormente, y sin descartar la normatividad en materia de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo, otras normas que se recomienda considerar son las siguientes:

NOM-009-STPS-1999, Equipo suspendido de acceso - Instalación, operación y mantenimiento- Condiciones de seguridad.

NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM-012-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, usen, manejen, almacenen o transporten fuentes de radiaciones ionizantes.

NOM-019-STPS-2004, Constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.

NOM-021-STPS-1993, Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas.

NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte - Condiciones de seguridad e higiene.

NOM-028-STPS-2005, Organización del Trabajo-Seguridad en los Procesos de sustancias químicas.

NOM-029-STPS-2005, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad.

NOM-030-STPS-2006, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo- Organización y funciones.

NOM-100-STPS-1994, Seguridad - Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida - Especificaciones.

NOM-101-STPS-1994, Seguridad - Extintores a base de espuma química.

NOM-102-STPS-1994, Seguridad - Extintores contra incendio a base de bióxido de carbono - Parte 1: Recipientes.

NOM-103-STPS-1994, Seguridad - Extintores contra incendio a base de agua con presión contenida.

NOM-104-STPS-2001, Agentes extinguidores - Polvo químico seco tipo ABC, a base de fosfato mono amónico.

NOM-106-STPS-1994, Seguridad - Agentes extinguidores - Polvo químico seco tipo BC, a base de bicarbonato de sodio.

NOM-113-STPS-1994, Calzado de protección.

NOM-115-STPS-1994, Cascos de protección - Especificaciones, métodos de prueba y clasificación.

NOM-116-STPS-1994, Seguridad - Respiradores y purificadores de aire contra partículas nocivas.

Conforme el artículo 82 del reglamento de la LGPGIR, se debe verificar que el almacén temporal de residuos peligrosos cuente con las condiciones básicas además de aquellas que especifica para áreas cerradas ó abiertas según sea el caso. Dichas condiciones son:

- I. Condiciones básicas para las áreas de almacenamiento:
  - a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados

- b) Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones
- c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretilas de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados
- d) Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño
- e) Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia
- f) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados
- g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles
- h) El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y
- i) La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical

II. Condiciones para el almacenamiento en áreas cerradas, además de las precisadas en la fracción I de este artículo:

- a) No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida
- b) Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables
- c) Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora
- d) Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión, y
- e) No rebasar la capacidad instalada del almacén

III. Condiciones para el almacenamiento en áreas abiertas, además de las precisadas en la fracción I de este artículo:

- a) Estar localizadas en sitios cuya altura sea, como mínimo, el resultado de aplicar un factor de seguridad de 1.5; al nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona
- b) Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos, y de material antiderrapante en los pasillos, estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados

- c) En los casos de áreas abiertas no techadas, no deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados, y
- d) En los casos de áreas no techadas, los residuos peligrosos deben estar cubiertos con algún material impermeable para evitar su dispersión por viento.

En caso de incompatibilidad de los residuos peligrosos se deberán tomar las medidas necesarias para evitar que se mezclen entre sí o con otros materiales.

Para ingresar los residuos peligrosos al almacén temporal de residuos peligrosos, y atendiendo al artículo 71 del reglamento de la LGPGIR, un generador de residuos peligrosos, en particular un gran generador, debe llevar una bitácora en la que se lleve el registro de los residuos peligrosos generados. Dicha bitácora debe contener la siguiente información:

- a) Nombre del residuo y cantidad generada;
- b) Características de peligrosidad;
- c) Área o proceso donde se generó;
- d) Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos, excepto cuando se trate de plataformas marinas, en cuyo caso se registrará la fecha de ingreso y salida de las áreas de resguardo o transferencia de dichos residuos;
- e) Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia, señaladas en el inciso anterior;
- f) Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos, y
- g) Nombre del responsable técnico de la bitácora.

La información anterior se asentará para cada entrada y salida del almacén temporal dentro del periodo comprendido de enero a diciembre de cada año.

De acuerdo con los requerimientos del generador, y en un plazo menor a seis meses, los residuos peligrosos deben salir del almacén temporal de residuos peligrosos y ser trasladados a algún tratamiento ó destino final.

Conforme lo estipula el artículo 42 de la LGPGIR, los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la SEMARNAT. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponderá a las empresas contratadas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.

En este sentido, para poder retirar los residuos peligrosos de las instalaciones del generador, se deberá contratar un transportista que cuente con las autorizaciones correspondientes al transporte de materiales y residuos peligrosos por parte, tanto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), así como de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Atendiendo lo estipulado en el artículo 86 del reglamento de la LGPGIR, el procedimiento para llevar a cabo el transporte de residuos peligrosos se desarrollará de la siguiente manera:

- I. Por cada embarque de residuos, el generador deberá entregar al transportista un manifiesto en original, debidamente firmado y dos copias del mismo, en el momento de entrega de los residuos.
- II. El transportista conservará una de las copias que le entregue el generador, para su archivo, y firmará el original del manifiesto, mismo que entregará al destinatario junto con una copia de éste, en el momento en que le entregue los residuos peligrosos para su tratamiento o disposición final.
- III. El destinatario de los residuos peligrosos conservará la copia del manifiesto que le entregue el transportista, para su archivo, y firmará el original, mismo que deberá remitir de inmediato al generador.
- IV. Si transcurrido un plazo de sesenta días naturales, contados a partir de la fecha en que la empresa de servicios de manejo correspondiente reciba los residuos peligrosos para su transporte, no devuelve al generador el original del manifiesto debidamente firmado por el destinatario, el generador deberá informar a la SEMARNAT de este hecho a efecto de que dicha dependencia determine las medidas que procedan.

Dicho transportista deberá llevar los residuos peligrosos a un destino o tratamiento final, preferentemente. Si fuera necesario, como punto intermedio se pueden llevar los residuos a un centro de acopio para posteriormente conducirlos al destino final.

En todos los casos, los involucrados deben contar con sus autorizaciones vigentes en materia ambiental, y en su caso, también en materia de transporte; es de mencionar que el generador de residuos peligrosos deberá llevar un control de las partes involucradas hasta que el residuo haya llegado al tratamiento o destino final.

En el caso del transporte, el artículo 64 de la LGPGIR establece que se deben observar medidas para prevenir y responder de manera segura y ambientalmente adecuada a posibles fugas, derrames o liberación al ambiente de sus contenidos que posean propiedades peligrosas.

Para tal fin, el generador debe conocer la normatividad aplicable en materia de transporte para poder revisar que las condiciones del transportista que contrate para disponer sus residuos peligrosos sean las adecuadas y se minimicen los riesgos inherentes a su manejo. Dentro del marco normativo en materia de transporte se destacan las siguientes normas:

NOM-002-1-SCT-2009, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

NOM-003-SCT/2008, Características de las etiquetas de envases y embalajes,

destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-007-SCT2/2002, Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

NOM-009-SCT2/2003, Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-010-SCT2/2003, Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Aún cuando el transportista es quien debe revisar y atender este tipo de normas, además de las listadas anteriormente, y sin descartar la normatividad en materia de transporte, otras normas que se recomienda considerar son las que se listan a continuación:

NOM-004-SCT/2008, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-005-SCT/2008, Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-006-SCT2/2000, Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al auto transporte de materiales y residuos peligrosos.

NOM-019-SCT2/2004, Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.

NOM-020-SCT2/1995, Requerimientos generales para el diseño y construcción de auto tanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos.

NOM-021-SCT2/1994, Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos.

NOM-023-SCT2/1994, Información técnica que debe contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel (RIG) y envases de capacidad mayor a 450 litros que transportan materiales y residuos peligrosos.

NOM-024-SCT2/2002, Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-025-SCT2/1994, Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-027-SCT2/2009, Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.

NOM-028-SCT2/1998, Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.

NOM-029-SCT2/2004, Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para graneles (rig)

NOM-032-SCT2/1995, Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3, 4, 5, 6,7, 8 y 9.

NOM-051-SCT2/2003, Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosas de la división 6.2 agentes infecciosos.

Dentro del sistema productivo, los procesos más eficientes, seguros y sustentables generalmente no son los más baratos; la materia ambiental, en particular para el manejo de residuos peligrosos, no es la excepción. En el mercado se puede encontrar un número vasto de empresas que ofrecen sus servicios para el manejo de residuos peligrosos; sin embargo, no todas cuentan con las autorizaciones correspondientes ni con características que brinden calidad, seguridad y cumplimiento normativo.

Para poder contactar a las empresas que cuenten con la autorización otorgada en materia de residuos peligrosos por parte de la SEMARNAT, se recomienda ingresar a la página electrónica de esta secretaría a través de la siguiente dirección:

<http://www.semarnat.gob.mx/GESTIONAMBIENTAL/MATERIALESYACTIVIDADE/SRIESGOSAS/Pages/residuos peligrosos.aspx>

A partir del listado de empresas autorizadas por la SEMARNAT, el generador de residuos peligrosos puede contactar a las diferentes empresas publicadas y escoger aquella(s) que considere pertinentes.

Sin embargo, a partir de las licitaciones públicas y otros requisitos legales en materia de adquisiciones que se deben cubrir en el sector público, resulta difícil tener la libertad de elegir al proveedor que se considere el más indicado y, consecuentemente, resulta la necesidad de considerar mecanismos que permitan cumplir con las condiciones adecuadas, tanto de precio, como ambientales, seguridad e higiene y transporte.

Por lo anterior, cuando una empresa del sector público busque la contratación de un proveedor para el servicio de manejo de residuos peligrosos debe identificar las características básicas del servicio que desea contratar y luego, la estructura en la que publicará la invitación que corresponda.

En las características básicas que se incluyan en los procedimientos de adquisiciones, se debe considerar que el proveedor realice el servicio a través de empresas que cuenten con las siguientes autorizaciones:

- a) Para transportista: Autorización otorgada por la SEMARNAT y autorización otorgada por la SCT, para el transporte de residuos peligrosos
- b) Para destino final: Autorización otorgada por la SEMARNAT para alguna de las siguientes actividades: reciclaje, coprocesamiento, reutilización, tratamiento, incineración, confinamiento de residuos peligrosos, u otras que considere dicha secretaria.

Hacer inclusión genérica de los aspectos ambientales mencionados, de las características requeridas, y recomendadas, para la contratación de un servicio para el manejo de residuos peligrosos por parte de una entidad gubernamental no resulta sencillo; como resultado de la investigación realizada para este trabajo se proponen las siguientes tres alternativas:

- a) Alternativa 1: por ponderación. Se realiza un análisis de los aspectos ambientales, de seguridad e higiene, administrativos, legales y de costos, involucrados en el manejo de residuos. A partir de este análisis, se enlista una serie de características que debe cubrir un prestador de servicios en esta materia, así como características recomendables con las que debiera contar el prestador de servicio y se da a cada característica una ponderación, para que así, el prestador de servicios cuyas características cumplan con la ponderación que brinde el valor más alto sea a quien se adjudique el contrato.

Para poder llevar a cabo esta alternativa, se recomendaría integrar un equipo multidisciplinario con gente involucrada en materia ambiental, de seguridad e higiene, administración, legislación y de costos para poder construir una propuesta completa que, además, sea objetiva.

Dicha integración de varias disciplinas resulta interesante y requiere invertir recursos humanos, económicos y tiempo, lo cual, además de ser costoso

para una institución gubernamental, probablemente podría resultar impráctica por los trámites burocráticos involucrados.

- b) Alternativa 2: por destino final y precio. El generador debe conocer, identificar, clasificar y agrupar los residuos peligrosos que genera. A partir de dicha clasificación y agrupación, deberá identificar el o los destinos finales más adecuados.

Una vez identificadas las posibilidades de prestadores de servicio para destino final, se aplican los procedimientos de contratación correspondientes para cada grupo de residuos peligrosos con su(s) respectivo(s) tratamiento(s). Suponiendo dos grupos de residuos peligrosos (grupo A y grupo B) para los cuales los tratamientos pueden ser 3 para cada uno (tratamiento 1, 2, 3 para el grupo A y tratamiento 2, 4, 5 para el grupo B), se haría un proceso de contratación para el grupo de residuos A en el que se inviten a las tres posibles empresas que le pueden dar tratamiento y se haría lo mismo, en otro proceso de contratación para el grupo de residuos B.

La empresa que cotice más barato para el grupo A será a la que se adjudique el contrato para el manejo de estos residuos, lo mismo ocurriría para el grupo B.

Adicionalmente, será necesario llevar a cabo un proceso de contratación de una empresa transportista cuya finalidad sea transportar los residuos peligrosos generados hasta las instalaciones del prestador de servicios para tratamiento contratado

Esta alternativa resulta atractiva porque daría garantía a la entidad gubernamental de que los riesgos en el manejo de residuos peligrosos se disminuyen significativamente y que estos llegarán al destino final que consideró el adecuado. Sin embargo, la gestión requerida para lograr una contratación en este esquema demanda horas hombre destinadas a cada proceso de contratación, supervisión durante el ejercicio de los contratos que se generen para tal fin, entre otros factores para los cuales se requieren recursos económicos con los cuales, normalmente, no se cuentan en una empresa del sector público.

- c) Alternativa 3: por perfil y precio. El generador debe establecer el perfil del prestador de servicio que busca contratar. En esta alternativa se considera el perfil de una empresa que cuente con autorización de la SEMARNAT para fungir como destino final y con las autorizaciones correspondientes para llevar a cabo el transporte de residuos peligrosos.

Además de las autorizaciones mencionadas, el perfil del prestador del servicio deberá incluir que éste cuente con certificación como industria limpia ó ISO 14000, ó ambos, cuente con vehículos cuya antigüedad no sea

mayor a 10 años, documentos que avalen la capacitación del personal involucrado en el manejo de residuos peligrosos con antigüedad no mayor a 13 meses.

Esta alternativa deja abierta la posibilidad para que cualquier empresa que cubra los requisitos participe en el proceso de adquisición y proponga el manejo que mejor crea conveniente y, aún cuando reduce el universo de proveedores participantes significativamente, brinda mayor posibilidad a que estos proporcionen un servicio con mayor calidad, seguridad y ética ambiental. También, permitiría a la entidad gubernamental realizar una gestión de contratación más dinámica y práctica que las dos alternativas anteriores.

De las tres alternativas presentadas se considera la última como la más recomendable; sin embargo, es conveniente analizar las tres alternativas mencionadas, así como aquellas que se puedan generar en el campo laboral.

# 1. APLICACIÓN: PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

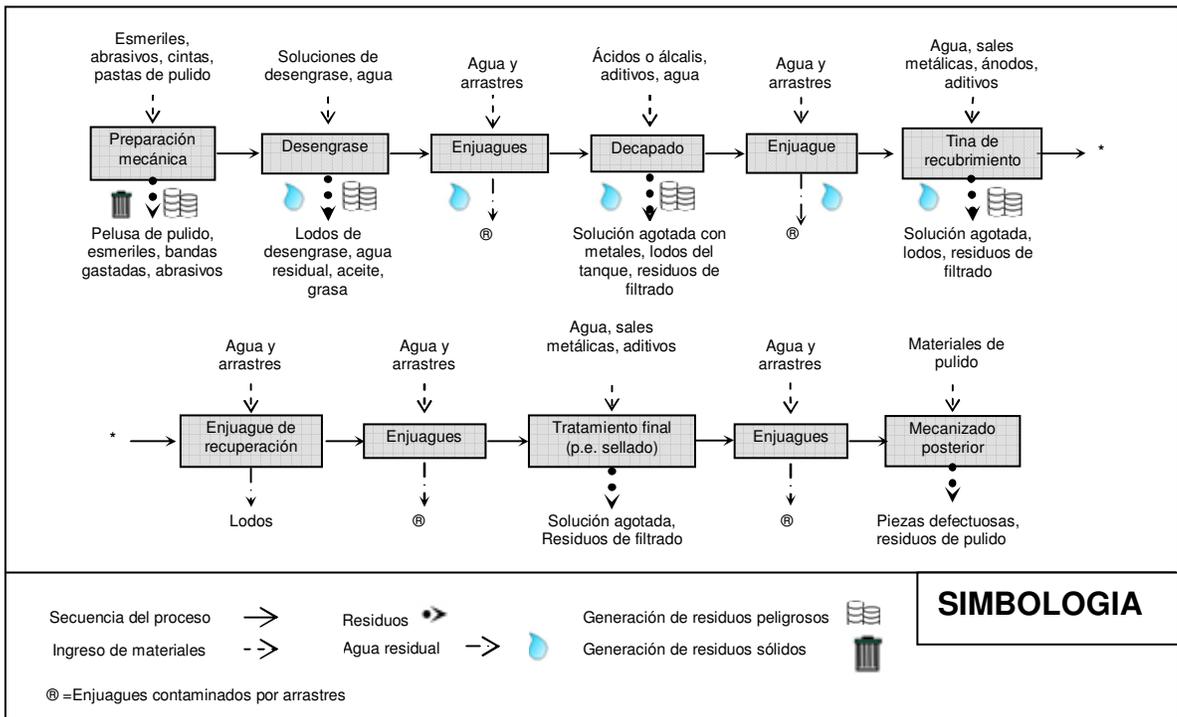
A continuación se desarrolla un plan de manejo de residuos peligrosos con base en las siguientes características propuestas y supuestas:

- a) Proceso hipotético del giro industrial de galvanoplastia
- b) Proceso hipotético realizado en una institución que se rige por el marco jurídico del servicio público
- c) Proceso hipotético que genera una cantidad aproximada de 18,000 kg de residuos peligrosos al año, por lo cual es un gran generador
- d) Modalidad del plan de manejo es INDIVIDUAL, ya que sólo se establece para los residuos peligrosos generados por este proceso
- e) Los datos generales de la empresa son:

Nombre: Procesos electroquímicos del D.F. (PEDF)  
 Actividad o giro preponderante: Galvanoplastia  
 Representante legal: Ing. Pedro Gómez Pérez

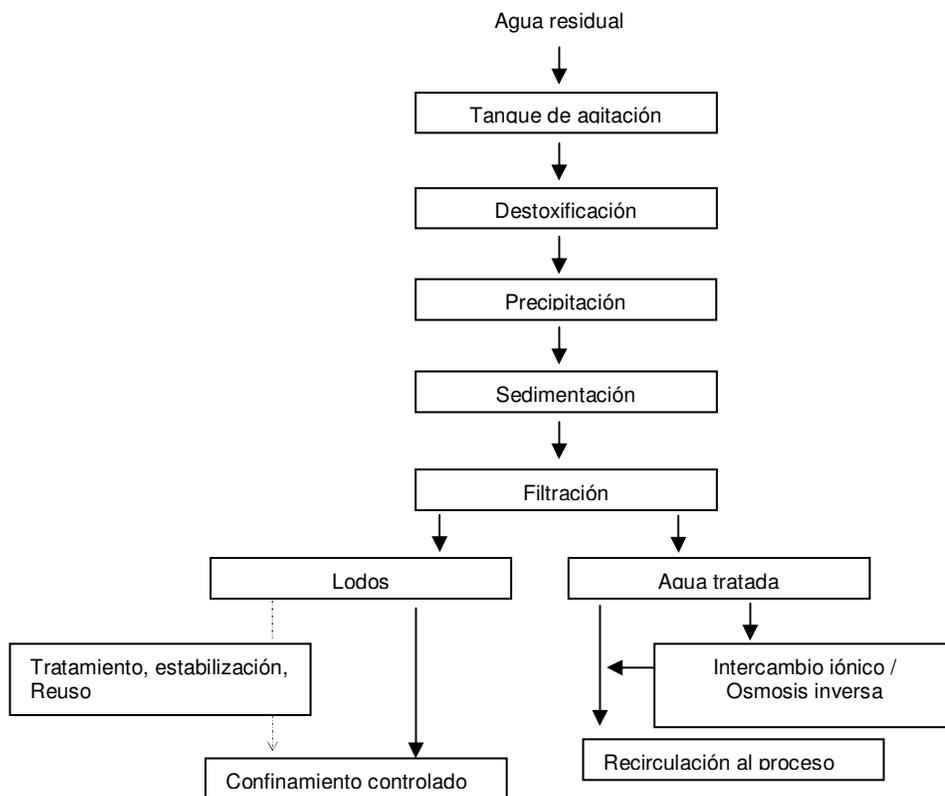
## 4.1 Diagrama del proceso

En la figura 4.1. se presenta el diagrama del proceso de galvanoplastia realizado por PEDF. Este diagrama ayuda a identificar los puntos de generación de residuos peligrosos, e incluso a identificar los puntos de mejora del proceso.



**Figura 4.1.** Ejemplo de diagrama de flujo general en un proceso de galvanoplastia, adaptado de GTZ (1998)

El manejo de metales tóxicos como cromo, cadmio, plomo, *etc.* y de compuestos venenosos como el cianuro genera la necesidad de proteger al personal y al medio ambiente del envenenamiento por estos, por lo cual es necesario tratar las aguas residuales, como aquellas contaminadas por enjuagues. En la figura 4.2. se muestra el diagrama de las operaciones unitarias más importantes del proceso físico químico de tratamiento de aguas residuales en la línea de recubrimiento electrolítico.



**Figura 4.2.** Diagrama de flujo de las operaciones unitarias más importantes del proceso físico químico de tratamiento de aguas residuales en la línea de recubrimiento electrolítico  
Adaptado de GTZ (1998)

Una de las formas para tratar este tipo de efluentes, y probablemente la más conveniente, es procesar las corrientes que contienen cianuro y las ácidas con cromo por separado. Se debe evitar disminuir la concentración de estos elementos contaminantes mediante la dilución ya que no les resta peligrosidad por la característica tóxica y acumulativa que presentan en los organismos, peor aún, se

corre el riesgo de que al juntarse se lleve a cabo una auto neutralización que lleve a la formación accidental de gas cianuro.

Para los cianuros se lleva a cabo una oxidación, mediante la adición de cloro o hipoclorito de sodio a un pH controlado, para formar en una primera fase cianatos y en una segunda fase de reacción por oxidación, descomponer los cianatos en carbonatos con desprendimiento de nitrógeno. Para la corriente que contiene cromo hexavalente, se trata con un reductor fuerte como el bisulfito de sodio o el dióxido de azufre, que reducen el cromo a su forma trivalente, el cual precipita en forma de hidróxido de cromo a un pH alcalino controlado.

#### **4.2 Identificación de las características de peligrosidad de los residuos generados y estimación de la cantidad anual**

A partir del proceso galvánico que se propone de la empresa PEDF y que se muestra en la figura 4.1., la generación de los residuos peligrosos generados se presenta en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Residuos del proceso galvánico de PEDF

<b>ORIGEN</b>	<b>RESIDUO</b>
Preparación mecánica	Polvo o pelusa de pulido, trapos sucios con pasta de pulido, ruedas de esmeriles, bandas gastadas
Desengrase	lodos de desengrase, aceite y grasa, baño de desengrasado agotado (conteniendo solvente orgánico usado como tricloroetileno, percloroetileno y cloruro de metilo), lodos de limpieza con percloroetileno
Decapado	Solución agotada con metales (puede ser ácida o alcalina), lodos del tanque, residuos de filtrado
Recubrimiento electrolítico (tina o baño de recubrimiento)	Solución agotada (baños cianurados), lodos (concentrados provenientes del cambio de baños o mantenimiento de tanques, conteniendo cianuro, cromo entre otros), residuos de filtrado (filtros de carbón activado),
Tratamiento final	Solución agotada, lodos concentrados del mantenimiento del baño, residuos de filtrado
Tratamiento de aguas residuales	Lodos

Con base en la NOM-052-SEMARNAT-2005 se puede dar a los residuos una denominación y clave oficial, además de identificar su código de peligrosidad (CPR) como se muestra en la tabla 4.2.

**Tabla 4.2.** Denominación conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005 de los residuos del proceso galvanico de PEDF

<b>RESIDUO EN PROCESO</b>	<b>DENOMINACIÓN NOM-052-SEMARNAT-2005</b>	<b>CPR</b>	<b>CLAVE</b> NOM-052-SEMARNAT-2005
Lodos de desengrase, lodos del tanque de decapado	Lodos provenientes de las operaciones de decapado o del desengrasado	(T)	RP 4/02
Solución agotada (con metales, puede ser ácida o alcalina)	Soluciones gastadas provenientes de los baños de cadmizado, cobrizado, cromado, estañado, fosfatizado, latonado, niquelado, plateado, tropicalizado o zincado de piezas metalicas	(T,C)	RP 8/04
	Soluciones gastadas provenientes de las operaciones de decapado	(T)	RP 8/03
	Residuos de las operaciones de limpieza alcalina o acida	(C,T)	RP 7/20
Residuos de filtrado (filtros de carbón activado)	Residuos de las operaciones de limpieza alcalina o acida	(C,T)	RP 7/20
Solución agotada (baños cianurados)	Soluciones gastadas de baños de cianuro de las operaciones de galvanoplastia	(R,Tt)	NE 08
Lodos	Lodos de tratamiento de aguas residuales de operaciones de galvanoplastia <i>excepto de los siguientes procesos:</i> (1) anodizacion de aluminio en acido sulfurico; (2) estañado en acero al carbon; (3) zincado en acero al carbon; (4) depositacion de aluminio o zinc-aluminio en acero al carbon; (5) limpieza asociada con estañado, zincado o aluminado en acero al carbon; y (6) grabado quimico y acabado de aluminio depositado en acero al carbon	(Tt)	NE 05
	Lodos provenientes de los baños de cadmizado, cobrizado, cromado, estañado, fosfatizado, latonado, niquelado, plateado, tropicalizado o zincado de piezas metalicas	(T,C)	RP 4/03
	Lodos de tratamiento de las aguas residuales provenientes de las operaciones de enjuague de piezas metalicas para remover soluciones	(T)	RP 5/01

	concentradas		
Aceites gastados	Aceites gastados de corte y enfriamiento en las operaciones de troquelado, fresado, taladrado y esmerilado	(T)	RP 7/17

Otros residuos que no se encuentran directamente descritos en la NOM-052-SEMARNAT-2005 pero se consideran peligrosos por sus características CRETIB, se presentan en la tabla 4.3.:

**Tabla 4.3.** Otros residuos que presentan características de peligrosidad

RESIDUO EN PROCESO	CPR
Trapo, estopa, material impregnado (con solvente, pasta, aceite, ácido, álcalis)	(C, I, T)
Residuos provenientes de operaciones como rectificado, pulido, barrenado, esmerilado (polvos o pelusa)	(T)
Envases, empaques, recipientes, bidones y tambos vacíos usados en el manejo de materiales peligrosos	(C,R,I,T)
Equipo para protección personal y control de derrames usado (impregnado con solvente, aceite, grasa, ácido, álcalis)	(C,I,T)
Cepillos, ruedas de esmeriles, bandas gastadas	(T)

En la tabla 4.4 se enlistan los residuos identificados en las tablas anteriores, incluyendo su CPR con los supuestos de estimación de la generación anual en kilogramos.

**Tabla 4.4.** Estimación anual de generación en el proceso galvánico de PEDF

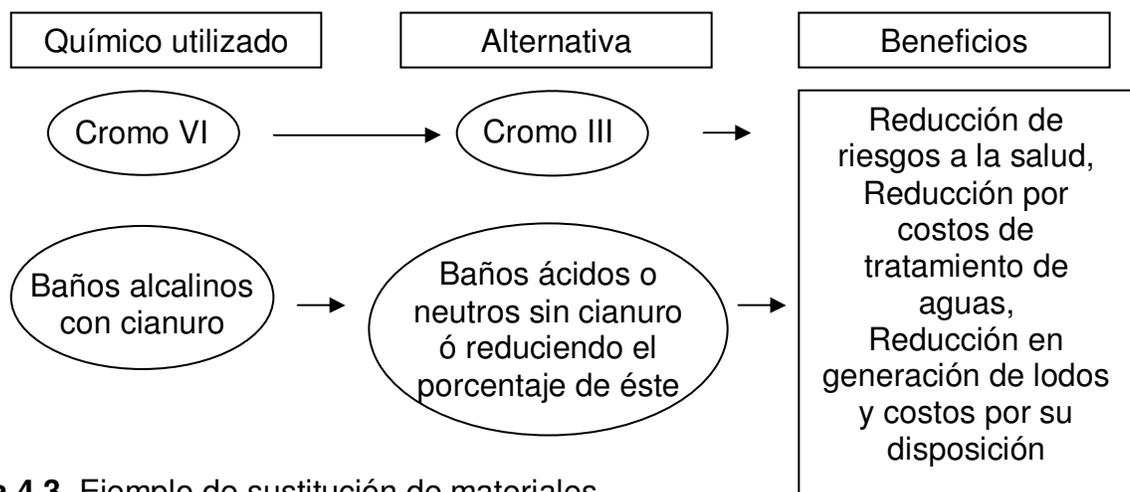
RESIDUO EN PROCESO	CPR	CLAVE NOM-052- SEMARNAT-2005	CANTIDAD anual aproximada (kg)
Lodos de desengrase, lodos del tanque de decapado	(T)	RP 4/02	2,500.0
Solución agotada (con metales, puede ser ácida o alcalina)	(C,T) (T) (T,C)	RP 7/20, RP 8/03, RP 8/04	360.0
Residuos de filtrado (filtros de carbón activado)	(C,T)	RP 7/20	750.0
Solución agotada (baños cianurados)	(R,Tt)	NE 08	1,100.0
Lodos	(Tt) (T,C) (T)	NE 05, RP 4/03 RP 5/01	4,500.0
Aceites gastados	(T)	RP 7/17	2,800.0
Trapo, estopa, material impregnado (con solvente, pasta, aceite, ácido, álcalis)	(C, I, T)		2,100.0

Residuos provenientes de operaciones como rectificado, pulido, barrenado, esmerilado (polvos o pelusa)	(T)		550.0
Envases, empaques, recipientes, bidones y tambos vacíos usados en el manejo de materiales peligrosos	(C,R,I,T)		800.0
Equipo para protección personal y control de derrames usado (impregnado con solvente, aceite, grasa, ácido, álcalis)	(C,I,T)		2,300.0
Cepillos, ruedas de esmeriles, bandas gastadas	(T)		950.0
	TOTAL		18,710.0

### 4.3 Identificación de alternativas para minimizar la generación de residuos peligrosos

Algunas de las oportunidades para reducir los residuos por la sustitución de materiales requieren modificar la química de los baños de proceso o reemplazar los químicos empleados para un proceso en particular.

Una medida de este tipo para reducir la generación de los residuos peligrosos consiste en cambiar los baños alcalinos con cianuro por baños sin cianuro. Estos baños pueden ser base ácida o neutra dependiendo del metal. Otro cambio es la sustitución de baños con Cr VI por baños con Cr III. Es particularmente deseable eliminar procesos que emplean Cr VI y cianuro (figura 4.4), ya que ambos requieren de equipos especiales para su detoxificación.



**Figura 4.3.** Ejemplo de sustitución de materiales  
Adaptado de GTZ (1998)

Al sustituir baños de galvanizado cianurados y baños de cromo VI, se ahorran los costos de la desintoxicación de las aguas de enjuague y residuales. Aunado a esto, el riesgo para los trabajadores se reduce en ambos casos. Sin embargo, la eficiencia de los baños sustitutos no es la misma para todos los metales, de modo que antes de un eventual cambio debe realizarse un análisis de viabilidad del nuevo método.

Otra opción puede ser usar procesos químicos sin quelantes o bien, la sustitución de materiales en el desengrase, como desengrase en base acuosa en lugar de solventes clorados (p.e. percloroetileno, tricloroetileno o cloruro de metilo).

Los métodos de limpieza (desengrase) en base acuosa utilizan detergentes, ácidos y compuestos alcalinos para desplazar la suciedad en vez de disolverla en un solvente orgánico. El desengrase acuoso es un sustituto viable para muchas operaciones de acabado de metales que actualmente emplean solventes, con la ventaja de que pueden remover distintos tipos de aceites y materia inorgánica adherida a la pieza, que representan un menor impacto ambiental, así como menor riesgo para los trabajadores.

#### **4.4 Detalle de los procedimientos internos para empacar, etiquetar, transportar y almacenar los residuos peligrosos**

Para el manejo interno de los residuos peligrosos se describirán los lineamientos en el punto de generación, envases a utilizar, así como el procedimiento para su almacenamiento.

##### **4.4.1. En el punto de generación**

El recipiente para contener el material que sea generado por el proceso y sea susceptible de ser considerado como residuo peligroso, durante el tiempo que dure su generación, deberá colocarse cerca del proceso donde se genera, en lugares que no sean de paso para evitar tropiezos, retirados de cualquier fuente de calor, preferentemente en el suelo, sobre charolas, tarimas, diques o recipientes apropiados que eviten su dispersión en caso de derrames y facilite su recolección, deberá evitarse el contacto con sustancias químicas y se deberá contar con extracción de aire ó ventilación adecuada.

Mientras el recipiente utilizado para almacenar algún material peligroso que sea generado por el proceso y sea susceptible de ser considerado como residuo peligroso se encuentre en el punto de generación ó en algún lugar del centro de trabajo, éste deberá estar etiquetado con el nombre del residuo peligroso y deberá contar con su rombo de seguridad según la NOM-018-STPS-2000.

El rombo de seguridad se obtendrá de la HDS de la sustancia química peligrosa presente en el residuo o bien de la utilizada como materia prima.

Los envases que contengan residuos peligrosos deberán permanecer cerrado y sólo se abrirán el tiempo imprescindible para introducir el residuo correspondiente.

Conforme las necesidades del punto de generación, cuando se quiera disponer el material peligroso, éste será considerado como residuo peligroso y se deberá agregar una etiqueta con el texto “RESIDUO PELIGROSO” en la que se incluyan, al menos, nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén.

Adicionalmente se agregarán las flechas de orientación, los rombos de seguridad para el transporte según correspondan, conforme la norma NOM-003-SCT/2000 “Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos”.

Una vez rotulado o etiquetado como residuo peligroso, el área generadora deberá trasladar los residuos peligrosos debidamente envasados, identificados y con el equipo de protección personal adecuado al almacén temporal de residuos peligrosos, siguiendo la ruta de residuos.

#### 4.4.2. Envase

Los residuos peligrosos deberán envasarse en un recipiente adecuado que evite su dispersión, éste podrá ser metálico o de plástico según el material a contener, antes de usarse deberá revisarse para ver que esté limpio y libre de sustancias.

Los recipientes, envases o embalajes destinados a contener residuos peligrosos deberán cumplir con la norma NOM-007-SCT2/2002 “Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos”, así como con la NOM-024-SCT-2-2002 “Especificaciones para la construcción y reconstrucción así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos”

Los envases y embalajes que contuvieron materiales peligrosos y que no sean utilizados con el mismo fin y para el mismo material, serán considerados como residuos peligrosos, con excepción de los que hayan sido sujetos a tratamiento para su reutilización, reciclaje o disposición final.

En ningún caso se podrán emplear los envases y embalajes que contuvieron materiales o residuos peligrosos, para almacenar agua, alimentos o productos de consumo humano o animal.

#### 4.4.3. De la seguridad e higiene

La cantidad de almacenamiento de residuos peligrosos en un envase no deberá superar el 85% de su capacidad en volumen.

La carga manual máxima que levante el personal de sexo masculino será de 50 kg y para las mujeres será de 20 kg.

Al personal que realice actividades de carga de materiales con objetos que tengan aristas cortantes, rebabas, astillas, puntas agudas, clavos u otros salientes peligrosos, así como aquellos que posean temperaturas extremas, o sustancias irritantes, corrosivas o tóxicas, se les proporcione la ropa y el equipo de protección personal, de conformidad con lo establecido en la NOM-017-STPS-2008 “Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo”.

Cuando se carguen objetos de longitud mayor a 4 metros, se empleará al menos un trabajador por cada 4 metros o fracción del largo del objeto.

Los barriles o tambos de hasta 200 litros, sólo pueden ser trasladados manualmente inclinándolos y rotándolos por la orilla de su base, aquellos que tengan mayor capacidad, sólo podrán ser trasladados con el uso de maquinaria, diablos, patines o carretillas, adoptando las correspondientes medidas de seguridad.

La carga manual de materiales cuyo peso o longitud sea superior a lo establecido en los puntos anteriores, se realice integrando grupos de carga manual, de tal manera que haya coordinación entre los miembros del grupo, la carga que sea mayor de 200 kg, con el empleo de diablos o patines, se realice al menos con dos trabajadores.

En piso plano, para impulsar diablos, patines y carretillas, se empuje de frente al camino y no se tire o jale dándole la espalda al mismo.

En pendientes, para impulsar diablos, patines y carretillas, se cuide la estabilidad de la carga y se adopten las medidas de seguridad necesarias para evitar que ésta represente un riesgo para el trabajador o trabajadores.

Con la finalidad de evitar o abatir los riesgos en las actividades de galvanoplastia y el manejo de sus residuos, se recomiendan las siguientes medidas preventivas:

- Utilizar zapatos de seguridad o botas con suelas y antideslizante, y / o casco de seguridad
- Comprobar los equipos eléctricos de seguridad antes de su uso. Si el equipo esta defectuoso o se sospecha de ello, enviarlo a un técnico calificado para realizar pruebas de electricidad y para su reparación;
- Usar equipo de protección personal y prendas de vestir resistentes a los productos químicos para evitar la exposición de la piel o los ojos a corrosivos sólidos, líquidos, gases o vapores;

- Obedecer todas las instrucciones de seguridad en relación con el almacenamiento, transporte, manipulación o vertido de productos químicos, o la eliminación de los baños gastado;
- No mezclar químicos sin la supervisión de un químico calificado o profesional de la seguridad;
- Utilizar gafas protectoras en todos los casos en que los ojos pueden estar expuestos al polvo, partículas o salpicaduras de líquidos nocivos;
- Utilizar un respirador cuando se esté expuesto a los efectos nocivos de los aerosoles, polvos, gases o vapores;
- Tener extremo cuidado cuando se manipulan agentes altamente corrosivos como el ácido fluorhídrico, ácido crómico (trióxido de cromo), ácido nítrico concentrado, etc.
- Aprender y utilizar técnicas de elevación y movimiento de cargas pesadas o incómodas, utilizar ayudas mecánicas para ayudar en el levantamiento.

Se debe realizar y registrar la vigilancia a la salud del personal que realice esta actividad y al menos cada año practicarles exámenes médicos periódicos enfocados a prevenir lesiones; el contenido de los exámenes será el que determine el médico de la empresa.

Ante la presencia de síntomas de lesión o enfermedad en el personal expuesto, se deben realizar los exámenes médicos especiales que determine el médico de la empresa.

No deben desempeñar trabajos relacionados con la carga manual de residuos peligrosos aquellos trabajadores que padezcan alguna enfermedad cardiorrespiratoria, deformidad de columna, lesiones en la columna vertebral, deformidad de miembros superiores e inferiores, hernias, u otras lesiones, aún después de haber sido operados y dados de alta.

#### 4.4.4. Del almacenamiento

El almacén deberá estar construido con material no inflamable, contar con sensores de fuego, así como sensores para gases tóxicos si se requiere, conforme el tipo de residuo peligroso a almacenar así como un sistema de puesta a tierra.

Se debe evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales.

Antes de su ingreso al almacén temporal de residuos peligrosos, el residuo peligroso deberá pesarse y registrarse en bitácora.

La bitácora deberá contener, por lo menos, la siguiente información:

- a) Nombre del residuo y cantidad generada

- b) Características de peligrosidad
- c) Área o proceso donde se generó
- d) Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos
- e) Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia, señaladas en el inciso anterior
- f) Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos
- g) Nombre del responsable técnico de la bitácora

La información anterior se asentará para cada entrada y salida del almacén temporal dentro del periodo comprendido de enero a diciembre de cada año, utilizando el formato de bitácora proporcionado por la SEMARNAT y presentado en el anexo I.

Sólo podrá acceder al almacén temporal el personal autorizado.

En el almacén temporal de residuos peligrosos los residuos peligrosos no podrán estibarse en más de tres niveles, ni podrán almacenarse en la misma estantería productos que presenten posibles reacciones peligrosas.

Los líquidos combustibles no se almacenarán conjuntamente con productos o residuos comburentes ni con sustancias tóxicas que no sean combustibles, debiendo estar lo más alejadas posibles entre sí en el almacén.

Los residuos no inflamables ni combustibles pueden actuar como elementos separadores entre estanterías, siempre que estos productos no sean incompatibles con los productos inflamables almacenados.

Para separar los residuos peligrosos en el almacén se debe respetar la tabla 4.5. para incompatibilidad según característica principal de peligrosidad:

**Tabla 4.5.** Incompatibilidades para almacenamiento de residuos peligrosos

	 <b>Corrosivos</b>	 <b>Explosivos</b>	 <b>Tóxicos</b>	 <b>Inflamables</b>
 <b>Corrosivos</b>	O	No	O	No
 <b>Explosivos</b>	No	Si	No	No

 <b>Tóxicos</b>	O	No	Si	O
 <b>Inflamables</b>	No	No	No	Si

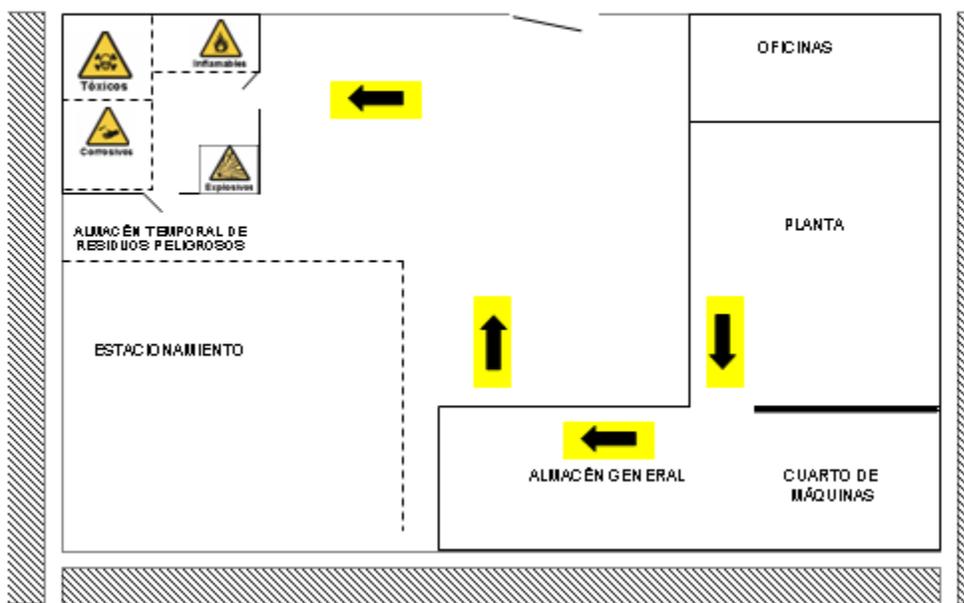
Si	Se pueden almacenar conjuntamente
No	No se deben almacenar conjuntamente
O	Si las características de los residuos lo permiten, solamente podrán almacenarse juntas adoptando ciertas medidas específicas de prevención

En el almacén temporal de residuos peligrosos no se deberá abrir ningún envase.

El almacén debe contar con áreas definidas por compatibilidades según figura 4.4., así como indicaciones de seguridad y para uso de equipo de protección personal.

La ruta para el traslado de los residuos peligrosos para la empresa Procesos Electroquímicos del D.F. se presenta en la figura 4.4.; se deberá indicar con flechas en color contrastante amarillo-negro y deberá contar en su trayecto con instalaciones que permitan atender cualquier emergencia ocasionada por derrame como son regaderas de emergencia, estación lavavojos, medio de comunicación para reportar el derrame (teléfono) y los daños que su hubieran ocasionado, además de una estación para la atención a derrames en donde se incluya material absorbente y equipo de protección personal.

## AVENIDA 1



**Figura 4.4.** Diagrama de distribución de la empresa con ruta de residuos peligrosos y distribución de almacén temporal de residuos peligrosos

Cuando se lleve a cabo el retiro de residuos peligrosos, el personal responsable de almacén temporal de residuos peligrosos deberá registrar la fecha de salida y la empresa que realiza el retiro.

Es responsabilidad del titular encargado del almacén temporal de residuos peligrosos revisar que ningún residuo peligroso permanezca más de cuatro meses en el almacén ó cuando se haya ocupado el 90% de la capacidad del almacén, lo que ocurra primero.

Se podrán agrupar los residuos peligrosos en función de sus incompatibilidades para que se permita maximizar y optimizar el retiro de estos favoreciendo el presupuesto.

En el caso de que se tengan que trasvasar solventes o algún material inflamable, es necesario que se cuente con conexión a tierra.

El almacén temporal de residuos peligrosos es un área cerrada, por lo que se debe verificar que se cumpla con las condiciones siguientes:

- a) Estar separado de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados

- b) Estar ubicado en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones
- c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretilas de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados
- d) Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño
- e) Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia
- f) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados
- g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles;
- h) El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y
- i) La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.
- j) No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida;
- k) Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables;
- l) Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora;
- m) Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión, y
- n) No rebasar la capacidad instalada del almacén.

En caso de incompatibilidad de los residuos peligrosos se deberán tomar las medidas necesarias para evitar que se mezclen entre sí o con otros materiales.

#### **4.5 Características del proveedor requerido**

La adquisición del servicio se adjudicará, por regla general, a través de licitaciones públicas mediante convocatoria pública, para que libremente se presenten proposiciones solventes en sobre cerrado, que será abierto públicamente a fin de asegurar las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad,

financiamiento, oportunidad, crecimiento económico, generación de empleo, eficiencia energética, uso responsable del agua, optimización y uso sustentable de los recursos, así como la protección al medio ambiente y demás circunstancias pertinentes, de acuerdo con lo que establece la Ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público.

Para tal fin, en la convocatoria pública se solicitarán como mínimo las siguientes características con las que deberán cumplir los proveedores interesados en participar:

- Contar con la autorización de la SEMARNAT para llevar a cabo alguna de las siguientes actividades: reciclaje, aprovechamiento, coprocesamiento, reutilización, tratamiento, incineración o confinamiento de residuos peligrosos, y entregar copia simple del permiso o autorización correspondiente a su nombre
- Contar con el permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para la recolección y transporte de residuos peligrosos y entregar copia simple del permiso o autorización correspondiente a su nombre
- Contar con el permiso de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la recolección y transporte de residuos peligrosos y entregar copia simple del permiso o autorización correspondiente a su nombre
- Contar con alguna certificación en materia ambiental (Industria Limpia o ISO 14001); incluir copia del documento que avale la certificación
- Proporcionar listado del personal que participará en el manejo de residuos así como documentación que compruebe su capacitación la cual no deberá ser de antigüedad mayor a 18 meses
- Proporcionar el equipo de protección que utilizará el personal de recolección, el material para contener derrames, extintores, señalizaciones en el vehículo, medidas o acciones en caso de emergencia, lo anterior será para hacer la inspección al proveedor ganador antes de cada retiro;
- Listado de las empresas que fungirán como destino final y diagrama de flujo en donde se indique la ruta que seguirán los residuos desde su recolección en el almacén temporal de residuos peligrosos del punto de generación hasta su destino final; en ambos casos, incluir copia simple de la autorización de la planta que se utilizará como destino final cuando ésta sea diferente al de la empresa que resulte ganadora.
- Entregar en una hoja con membrete y firmada por el representante legal de la empresa, carta declaratoria bajo protesta de decir verdad que respetará el marco legal en materia de residuos peligrosos y vigilará que no se dañen los recursos naturales, la flora, la fauna, los ecosistemas, la calidad del agua, al suelo, al subsuelo, las zonas urbanas, alcantarillado y al ambiente en general. Que por lo anterior, el proveedor aplicará en todo momento las medidas de prevención o seguridad para conducirse de manera ética, jurídica y ambientalmente adecuada, asegurando que los residuos peligrosos llegarán a su destino final según el diagrama de flujo o listado presentado, ya

sea a la planta del proveedor o plantas autorizadas, de acuerdo con las características de los residuos. Que por ningún motivo, realizará actividades de producción, almacenamiento, tráfico, importación o exportación, transporte, abandono, desecho, descarga, o cualquier otra actividad con los residuos peligrosos.

#### **4.6 Procedimiento para el traslado a su destino final**

El vehículo que se utilice para el traslado de los residuos peligrosos debe estar en condiciones adecuadas para realizar el retiro y se deberá revisar lo siguiente:

- Unidad con caja cerrada
- El conductor de la unidad que retire los residuos peligrosos deberá mostrar su licencia vigente tipo E
- Señalización adecuada conforme requerimientos de la SCT
- Preferentemente que se encuentre vacía pero si no es el caso, que el lugar donde se vayan a colocar los residuos se encuentre despejada y que el conductor indique el material que contiene y asegure que la carga que trae, con la que retira, son compatibles
- Equipo de protección personal (protección para cabeza, ojos, respiratoria, manos, pies y, de ser necesario, de cuerpo completo)
- Material para contener derrames

Elaboración y entrega de manifiesto, éste debe ser hecho por el generador, pero si el generador y el proveedor para el retiro de residuos peligrosos así lo acuerdan, se puede pactar que éste genere el manifiesto correspondiente y el generador firme en relación con los residuos que entrega, ver formato de manifiesto en el Anexo II.

Una vez cargado el vehículo con los residuos peligrosos a transportar, el manifiesto deberá ser firmado por el jefe del almacén general ó, en su caso, quien sea designado por el gerente de planta y por el transportista.

El proveedor tendrá 60 días naturales para devolver el manifiesto con los datos y firma del destinatario final.

## 4.7 Reglamento

Está prohibido:

- El transporte de residuos por vía aérea
- La mezcla de bifenilos policlorados con aceites lubricantes usados o con otros materiales o residuos
- El almacenamiento por más de cuatro meses en las instalaciones de la empresa
- La dilución de residuos peligrosos en cualquier medio
- Incumplir durante el manejo integral de los residuos peligrosos, las disposiciones previstas por la LGPGIR y la normatividad que de ella se derive, así como en las propias autorizaciones que al efecto se expidan, para evitar daños al ambiente y la salud
- Mezclar residuos peligrosos que sean incompatibles entre sí
- Verter, abandonar o disponer finalmente los residuos peligrosos en sitios no autorizados para ello
- Proporcionar a la autoridad competente información falsa con relación a la generación y manejo integral de residuos peligrosos
- No llevar a cabo a través de un prestador de servicios autorizado, la gestión integral de los residuos peligrosos
- No dar cumplimiento a la normatividad relativa a la identificación, clasificación, envase y etiquetado de los residuos peligrosos
- No proporcionar al proveedor la información necesaria para la gestión integral de los residuos peligrosos

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con formato: Numeración y viñetas

A partir de la revisión bibliografía realizada, fue posible desarrollar un plan de manejo para una empresa que se rige por esquemas gubernamentales para la adquisición de bienes y servicios.

Fue posible plantear características mínimas que deben ser consideradas en una licitación ó procedimiento público para la contratación de un servicio para manejo de residuos peligrosos que conste de recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final.

Se logró establecer una terna de alternativas para determinar las características a incluir en la invitación ó licitación que se lleve a cabo para poder adquirir un servicio para manejo de residuos peligrosos, y así poder cumplir con la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, así como con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos buscando asegurar las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, optimización y uso sustentable de los recursos, así como la protección al medio ambiente.

En el presente trabajo se pudo comunicar la importancia de evitar actividades que causen un daño a la salud humana, los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a los ecosistemas, a la calidad del agua, al suelo, al subsuelo o al ambiente durante el manejo de residuos por parte de un servidor público, en particular de residuos peligrosos.

De la terna de alternativas para determinar las características a incluir en la invitación ó licitación para adquirir un servicio para manejo de residuos peligrosos, la más recomendable es la alternativa referente al perfil y precio (alternativa 3), ya que permite estandarizar las características del proveedor solicitado y así, que las propuestas de los proveedores participantes puedan ser evaluadas por una sola persona a través de la presentación de los documentos solicitados. En este sentido, sería recomendable que las tres alternativas propuestas fueran evaluadas con mayor detalle en futuros estudios, en función de los recursos invertidos como horas-hombre y costos, así como en función de los beneficios que pudieran obtenerse.

Se recomienda fomentar y difundir la línea del presente trabajo, así como de las alternativas presentadas en él, ya que el desarrollo y la mejora del plan de manejo propuesto resulta de gran importancia toda vez que dentro de la responsabilidad que involucra el manejo adecuado de residuos peligrosos, se encuentra la prevención de la contaminación del suelo ya que cuando un suelo es contaminado resulta muy difícil poderlo remediar, los procesos de remediación son muy tardados, muy costosos y muchas veces irreversibles, con las consecuencias legales que implican.

Es recomendable que futuros trabajos relacionados con el tema presentado en éste, comiencen a realizar estudios en campo que permitan encontrar alternativas que vinculen costos accesibles con manejos ambientalmente adecuados y apegados al marco legal aplicable.

También se invita al análisis, desarrollo y mejora de alternativas que permitan y faciliten la adquisición de servicios ambientales con alta calidad y eficiencia. Es recomendable hacer un estudio de campo en las empresas del giro de la galvanoplastia, tanto a nivel privado como público, en donde se obtengan cantidades y características específicas y en donde se evalúen posibles tratamientos para dichos residuos, tanto técnica cómo económicamente.

Se recalca la importancia de analizar cada proceso productivo y su objetivo, para poder considerar las propuestas de mejora para la minimización de residuos.

Para el desarrollo del plan de manejo de residuos peligrosos de este trabajo se consideraron la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, su reglamento, la NOM-052-SEMARNAT-2005, así como normas en materia de transporte y en seguridad e higiene; sin embargo, es recomendable que en futuros estudios relacionados con este tema, se considere el análisis de leyes locales como la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal ó la ley de fomento de procesos productivos eficientes para el Distrito Federal.

Se recomienda hacer un estudio técnico y de mercado para comparar precios y ventajas ambientales de los procesos de tratamiento ya que puede darse el caso que aún cuando el costo monetario sea muy alto se pueda derivar en una muy alta ventaja ambiental. Lo anterior, con la finalidad de poder dar un manejo específico, adecuado y a bajo costo a los residuos peligrosos ya que aún cuando lo fundamental es buscar su valorización, su reuso o su reciclaje, estos procesos llegan a ser más caros que la misma disposición final.

En la Ley de adquisiciones se busca asegurar al Estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad, crecimiento económico, generación de empleo, eficiencia energética, uso responsable del agua, optimización y uso sustentable de los recursos, así como la protección al medio ambiente y demás circunstancias pertinentes. Por lo anterior es recomendable evaluar los servicios que se ofrecen a bajo costo ya que no siempre la oferta más barata es la más adecuada para el manejo de residuos peligrosos. Un manejo y/o disposición final inadecuada de los residuos peligrosos puede poner en riesgo a la empresa ó institución pública toda vez que las sanciones pueden ser tanto administrativas como penales.

Por lo anterior, es recomendable que se publique un decreto para el manejo adecuado de residuos, incluyendo residuos peligrosos, siguiendo el ejemplo del “Decreto por el que se establecen diversas medidas en materia de adquisiciones, uso de papel y de la certificación de manejo sustentable de

bosques por la administración pública federal”, publicado en el diario oficial de la federación el 5 de septiembre de 2007 o bien, que sea incluido en el Presupuesto de Egresos de la Federación para ejercicios fiscales futuros, con medidas incluyan servicios certificados en materia ambiental.

## 6.REFERENCIAS

- Bertalanffy L. (1986). *Teoría General de Sistemas*. Fondo de Cultura. México.
- Brañes R. (2004). *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*. Fondo de Cultura Económica. México
- Checkland P. (1993). *Pensamiento de Sistemas, Práctica de Sistemas*. Limusa-Noriega. México.
- Warfield J. (2006). *An introduction to systems science*. World Scientific. Singapore.
- Blum W. (1964). *Galvanotecnia y galvanoplastia: Dorado, plateado, niquelado, cromado*. Ceca. Mexico.
- Lexipedia (1999). *Diccionario enciclopédico*. Consejo Editorial de Enciclopedia Británica Publishers Inc.Estados Unidos de Norteamérica.
- Santillán L.(2003). *Decapado Ecoeficiente de Piezas Metálicas para la Obtención de un Sistema de Cero Descarga de Agua Residual*. ITESM Campus Monterrey. México.
- Tchobanoglous G. (1998). *Gestión Integral de residuos Sólidos*. Mc. Graw Hill.
- CMPL (1997). *Guía de Producción Más Limpia en el Sector de Galvanoplastia, Tomo I*. Centro Mexicano para la Producción más Limpia. IPN. México.
- Ferro A. (2006). *Derecho ambiental*. Iure editores. México.
- Hernández A. (2004). *Instrumentos de política ambiental sobre residuos peligrosos*. México. Editorial Porrúa.
- CDDHCU, 2010, Código penal, fecha de consulta: febrero 2010.  
Disponible en:  
<http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/doc/9.doc>
- EPA, 1992, *The Metal Finishing Industry. Guides to Pollution Prevention*, fecha de consulta: febrero 2010. Disponible en:  
[http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_Report.cfm?dirEntryID=42434](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryID=42434)
- GTZ, 1998, *Concepto de Manejo de Residuos Peligrosos e Industriales para el Giro de la Galvanoplastia Manual de Minimización, Tratamiento y Disposición*, Comisión Ambiental Metropolitana, México, fecha de consulta: febrero 2010. Disponible en:  
<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsarp/e/fulltext/galvano/galvano.pdf>
- HSE, 2010, Bienestar en el lugar de trabajo-galvanoplastia-, fecha de consulta: enero 2010. Disponible en:  
<http://www.hse.gov.uk/pubns/eis4.pdf>
- ILO, 2010, International Labour Organization, fecha de consulta: enero 2010. Disponible en:  
<http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/hdo/htm/elctroplater.htm>

INTEC-CHILE, 2000, *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial-galvanoplastia-*, Proyecto FDI-CORFO / INTEC-CHILE, Santiago de Chile, fecha de consulta: febrero 2010. Disponible en:  
[http://www.sinia.cl/1292/articles-39922\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-39922_recurso_1.pdf)

ISTC, 2010, Overview of the metal finishing industry, fecha de consulta: febrero 2010. Disponible en:  
[http://www.istc.illinois.edu/info/library\\_docs/manuals/finishing/overview.htm#Figure%201.%20Markets%20Served%20by%20Metal%20Finishers—Percent%20of%201992%20Market%20\(EPA%201995a\)](http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/overview.htm#Figure%201.%20Markets%20Served%20by%20Metal%20Finishers—Percent%20of%201992%20Market%20(EPA%201995a))

RCS, 2010, Remedial Constructions Services -safety principles-, fecha de consulta: enero 2010. Disponible en:  
<http://www.reconservices.com/main-safety.html>

SCT, 2010, Normatividad en materia de transportación terrestre, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, fecha de consulta: enero 2010. Disponible en:  
<http://www.sct.gob.mx/informacion-general/normatividad/>

SEMARNAT, 2010, Leyes y normas, fecha de consulta: febrero 2010. Disponible en:  
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Pages/inicio.aspx>

SEMARNAT, 2010, Trámites y servicios, fecha de consulta: febrero 2010. Disponible en:  
<http://www.semarnat.gob.mx/TRAMITESYSERVICIOS/Pages/inicio.aspx>

SMADF, 2010, Leyes y normas, fecha de consulta: febrero 2010. Disponible en:  
[http://www.sma.df.gob.mx/transparencia/index.php?op=l\\_sma](http://www.sma.df.gob.mx/transparencia/index.php?op=l_sma)

SMADF, 2010, Licencia ambiental única DF, fecha de consulta: febrero 2010. Disponible en:  
<http://www.sma.df.gob.mx/laudf/>

STPS, 2010, Normatividad en materia de seguridad y salud en el trabajo, fecha de consulta: enero 2010. Disponible en:  
<http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/ConsultaNoms.aspx>

ANEXO I



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

SUBSECRETARÍA DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE MATERIALES Y ACTIVIDADES RIE

**BITÁCORAS DE RESIDUOS PELIGROSOS Y SITIOS CONTAMINADOS.**  
**Modalidad A. Bitácora de grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos.**  
**SEMARNAT-07-027-A**

GENERACIÓN											ALMACENAMIENTO TEMPORAL Art. 71 fracción I inciso (d)		Fase de manejo siguiente a la salida del almacén Art. 71 fracción I inciso (e)	
Nombre del residuo peligroso Art. 71 fracción I inciso (a)	Cantidad generada Ton.	Características de peligrosidad del residuo – Código de peligrosidad de los residuos (CPR) Art. 71 fracción I inciso (b)										Fecha de ingreso		Fecha de salida
		C	R	E	T	Te	Th	Tt	I	B	M			
<b>Total</b>		Nombre del responsable técnico de la bitácora												

# **ANEXO II**

MANIFIESTO DE ENTREGA, TRANSPORTE Y RECEPCION  
DE RESIDUOS PELIGROSOS

GENERADOR	1.-NÚM. DE REGISTRO AMBIENTAL (o Núm. de Registro como Empresa Generadora)		2.-No. DE MANIFIESTO	3.- PAGINA 1/1	
	4.- RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA GENERADORA: _____				
	DOMICILIO: _____		C.P. _____		
	MUNICIPIO O DELEGACION: _____		EDO: _____		
	TEL. _____				
	5.- DESCRIPCION (Nombre del residuo y características CRETIB)		CONTENEDOR		CANTIDAD TOTAL DE RESIDUO
CAPACIDAD			TIPO		
6.- INSTRUCCIONES ESPECIALES E INFORMACION ADICIONAL PARA EL MANEJO SEGURO					
7.- CERTIFICACION DEL GENERADOR: DECLARO QUE EL CONTENIDO DE ESTE LOTE ESTA TOTAL Y CORRECTAMENTE DESCRITO MEDIANTE EL NOMBRE DEL RESIDUO, CARACTERISTICAS CRETIB, BIEN EMPACADO, MARCADO Y ROTULADO, Y QUE SE HAN PREVISTO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA SU TRANSPORTE POR VIA TERRESTRE DE ACUERDO A LA LEGISLACION NACIONAL VIGENTE.  NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE _____					
TRANSPORTE	8.- NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTISTA: _____				
	DOMICILIO: _____		TEL. _____		
	AUTORIZACIÓN DE LA SEMARNAT: _____		NO. DE REGISTRO S.C.T. _____		
	9.- RECIBÍ LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE. NOMBRE: _____ FIRMA _____ CARGO: _____ FECHA DE EMBARQUE: _____ DÍA MES AÑO				
10.- RUTA DE LA EMPRESA GENERADORA HASTA SU ENTREGA.					
11.- TIPO DE VEHICULO _____		No. DE PLACA: _____			
DESTINATARIO	12.- NOMBRE DE LA EMPRESA DESTINATARIA: _____				
	NÚMERO DE AUTORIZACIÓN DE LA SEMARNAT: _____				
	DOMICILIO: _____				
13.- RECIBI LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO. OBSERVACIONES: _____ _____ NOMBRE: _____ FIRMA: _____ CARGO: _____ FECHA: DE RECEPCIÓN: _____ DÍA MES AÑO					