



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**EL MANEJO SEGURO DE LOS RESIDUOS  
ESPECIALES GENERADOS POR LA INDUSTRIA DE  
LA FUNDICIÓN Y LAMINACIÓN DE HIERRO Y ACERO**

**TRABAJO ESCRITO  
VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERA QUÍMICA METALÚRGICA**

**PRESENTA**

**CASTAÑEDA GARCÍA EVA IVETTE**



**MÉXICO, D.F.**

**EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUÍMICA**

**2005**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

m. 344038



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Prof. **ELVIRA SANTOS SANTOS**

Vocal: Prof. **IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA**

Secretario: Prof. **RAÚL SÁNCHEZ MEZA**

1er. Suplente: Prof. **FRANCISCO JAVIER GARFIAS VÁSQUEZ**

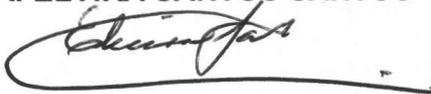
2do. Suplente: Prof. **SARA ELVIA MEZA GALINDO**

### **Sitio dónde se desarrolló el tema:**

**CURSOS VIA EDUCACIÓN CONTINUA. FACULTAD DE QUÍMICA  
INDUSTRIA DE LA FUNDICIÓN Y LAMINACIÓN DE HIERRO Y  
ACERO**

Asesor del tema: **DRA. ELVIRA SANTOS SANTOS**

FIRMA:



Sustentante: **EVA IVETTE CASTAÑEDA GARCÍA**

FIRMA:



# Tabla de contenido

El manejo seguro de los Residuos Especiales generados por la Industria de la fundición y Laminación de hierro y acero .....	4
1. Introducción.....	4
2. Información general sobre el tema .....	6
Diagrama de flujo y organigrama .....	13
Diagrama de flujo. Fundición.....	13
Diagrama de flujo de Laminación .....	14
Organigrama .....	15
3. Planes de manejo.....	16
Plan de manejo para tierra y escombros.....	16
Plan de manejo para equipo de cómputo.....	18
Plan de manejo para material electrónico .....	20
Plan de manejo para escoria de horno eléctrico .....	23
Plan de manejo para material refractario .....	26
Plan de manejo para cascarilla .....	28
3. Discusión.....	31
4. Conclusiones.....	33
5. Bibliografía .....	35

Gracias por su apoyo incondicional a mi esposo, papá y mamá

con dedicatoria a mi pequeña Danielita

# El manejo seguro de los Residuos Especiales generados por la Industria de la fundición y Laminación de hierro y acero

## 1. Antecedentes

A partir de que en el año 1988 se regularon los daños y deterioro al ambiente a través de la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) dónde de acuerdo al Art. 1. establece el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, las industrias han puesto principal atención en la preservación, protección, restauración y mejoramiento del medio ambiente, principalmente la industria acerera que es la que genera el 2.0% del PIB total, 7.0 % del PIB industrial y 10.0% del PIB manufacturero.

En las grandes, medianas y micro empresas del ramo de la Fundición y Laminación de hierro y acero, invariablemente se tienen procesos de fusión y laminación. En el caso del proceso de fusión, parte de mineral de hierro, arrabio, chatarra de acero o hierro esponja, dependiendo del horno para la fabricación del acero. Este puede ser eléctrico, horno de hogar abierto, convertidor básico al oxígeno, y en el proceso de laminación, billet<sup>1</sup> o palanquilla, planchón<sup>2</sup>, tochos<sup>3</sup>, riel, etc., que puede ser laminación en frío o en caliente donde de acuerdo a cada empresa es el equipo y proceso.

Billet<sup>1</sup>: El billet o palanquilla es una barra de acero o hierro de sección cuadrada y aristas redondeadas cuyos lados están comprendidos entre 40 y 180 mm. y se utiliza para producir varilla, alambrión y perfiles.

Planchón<sup>2</sup>.- Es semiproducto de acero de sección rectangular de poco espesor en proporción a su ancho 10 mm. por 200 Mm. respectivamente, se utiliza para producir lámina

Tocho<sup>3</sup>.- Es de sección cuadrada o rectangular de acero o hierro cuyo espesor y ancho es de 130 mm. o mayor, se utiliza para producir tubos, barras, perfiles, forjas entre otros.

La industria en la cual centraremos nuestra atención usa chatarra de acero como materia prima y la fusión se realiza en horno de arco eléctrico (comúnmente llamada mini mills) para obtener acero líquido que será procesado en una máquina de colada continua para obtener billet <sup>1</sup> de acero que será laminado en caliente posteriormente, para obtener perfiles estructurales comerciales de acero. En estos procesos se generan tres tipos de residuos; residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, de acuerdo a la clasificación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) Art. 15.

Para alcanzar el objetivo del Art. 1 de la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado, es necesario prevenir y reducir los riesgos a la salud y al ambiente, por esta razón se deben establecer planes de manejo seguros para los residuos de manejo especial generados en la industria, en particular los generados en la fundición y laminación de hierro y acero, considerando que las medidas tomadas reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan mas efectivos desde la perspectiva ambiental, tecnológica, económica y social.

Es importante no solo para la industria de la Fundición y Laminación de hierro y acero identificar y clasificar los residuos generados, así como tener el plan de manejo y en específico para esta nueva clasificación de residuos, de manejo especial dadas las disposiciones de la LGPGIR.

## 2. Información general sobre el tema

En el año 1988 cuando se publicó por primera vez la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente únicamente definía en el Art. 3 el término de residuo y residuo peligroso, siendo:

XXXI. Residuo: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

XXXII. Residuos peligrosos: Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos fue publicado en el mismo año y la NOM -052-ECOL-1993 donde establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos.

Y no es hasta 2003 con la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) donde en el Título Tercero "Clasificación de los residuos", en el Capítulo Único Art. 15 se clasifican a los residuos de la siguiente forma:

Artículo 15.- La Secretaría agrupará y subclasificará los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en categorías, con el propósito de elaborar los inventarios correspondientes, y orientar la toma de decisiones basada en criterios de riesgo y en el manejo de los mismos. La subclasificación de los residuos deberá atender a la necesidad de:

- I. Proporcionar a los generadores o a quienes manejan o disponen finalmente de los residuos, indicaciones acerca del estado físico y propiedades o características inherentes, que permitan anticipar su comportamiento en el ambiente;
- II. Dar a conocer la relación existente entre las características físicas, químicas o biológicas inherentes a los residuos, y la posibilidad de que ocasionen o puedan ocasionar efectos adversos a la salud, al ambiente o a los bienes, en función de sus volúmenes, sus formas de manejo y la exposición que de éste se derive. Para tal efecto, se considerará la presencia en los residuos, de sustancias peligrosas o agentes infecciosos que puedan ser liberados durante su manejo y disposición final, así como la vulnerabilidad de los seres humanos o de los ecosistemas que puedan verse expuestos a ellos;
- III. Identificar las fuentes generadoras, los diferentes tipos de residuos, los distintos materiales que constituyen los residuos y los aspectos relacionados con los mercados de los materiales reciclables o reciclados, entre otros, para orientar a los responsables del manejo integral de residuos, e
- IV. Identificar las fuentes generadoras de los residuos cuya disposición final pueda provocar salinización e incrementos excesivos de carga orgánica en suelos y cuerpos de agua.

Artículo 18.- Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, 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.

La LGPGIR Incluye el término de residuos de manejo especial.

Artículo 19.- Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:

- I. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera;
- II. Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico-infecciosos;
- III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícola, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades;
- IV. Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas;
- V. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;
- VI. Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes;
- VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;
- VIII. Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico, y

IX. Otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integral.

Y también en esta LGPGIR se incluye en el Capítulo II. Planes de Manejo.

Artículo 27.- Los planes de manejo se establecerán para los siguientes fines y objetivos:

I. Promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos así como su manejo integral, a través de medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos, desde la perspectiva ambiental, tecnológica, económica y social, los procedimientos para su manejo;

II. Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan;

III. Atender a las necesidades específicas de ciertos generadores que presentan características peculiares;

IV. Establecer esquemas de manejo en los que aplique el principio de responsabilidad compartida de los distintos sectores involucrados, y

V. Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible.

Así como la responsabilidad de la ejecución de dichos planes de manejo.

Artículo 28.- Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda:

I. 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 esta Ley y los que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes;

II. 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, y

III. Los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.

Considerando que gran generador se define a la persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 ton. de residuo al año.

De la clasificación que indica la LGPGIR en el Capítulo Tercero. "Clasificación de los residuos", tenemos que para la Industria de la Fundición de hierro y acero se identifican los siguientes residuos:

Residuos sólidos urbanos: Residuos orgánicos, Envases de plástico, Madera, Cartón, Papel.

Residuos sólidos urbanos	
Residuo	Origen
Residuos orgánicos	Residuos de comedores
Plástico	Envases y embalajes de plástico, plástico por metro
Madera	Tarimas, embalajes de productos adquiridos
Cartón	Empaques de productos adquiridos en general
Papel	Oficinas generales

Tabla 1. Residuos sólidos.

Residuos peligrosos: Aceite usado, trapos contaminados (lubricante, grasa, polvo de fundición), equipo de protección impregnado con aceite y/o polvo de fundición, lodos y polvos del equipo de control de emisiones.

Residuos peligrosos	
Residuo	Origen
Aceite usado	Lubricación de equipos y maquinaria en general
Lodos y polvos del equipo de control de emisiones del horno eléctrico	Equipo de control de emisiones del horno eléctrico

Tabla 2. Residuos peligrosos.

Residuos de manejo especial: Tierra y escombros, equipo de cómputo, material electrónico, y otros que determine la Secretaría de común acuerdo con entidades federativas y municipios que así lo convengan para facilitar su gestión integral.

Residuos de manejo especial	
Residuo	Origen
Tierra y escombros	Casos esporádicos de construcción en planta en general, limpieza por mantenimiento en general
Equipo de cómputo	Oficinas en general.
Material electrónico	Controladores de equipos y maquinaria automatizada
Escoria eléctrica <sup>4</sup> horno	Horno eléctrico
Material refractario	Hornos
Cascarilla <sup>5</sup>	Horno de calentamiento, trampas de cascarilla en cisterna de laminación, residuos en Máquina de Colada Continuo

Tabla 3. Residuos de manejo especial.

La tierra y escombros, equipo de cómputo, material electrónico están definidas en el listado de la LGPGIR como residuo de manejo especial y la escoria de horno eléctrico <sup>4</sup>, tabique refractario y, cascarilla <sup>5</sup> se consideran en la definición de residuo de manejo especial por que no son residuos peligrosos pero tampoco son residuos urbanos y son producidos en una cantidad superior a 10 toneladas anuales, por lo que requiere plan de manejo.

De acuerdo a la clasificación de la LGPGIR anteriormente citada, y debido a que las normas oficiales mexicanas que regulen y definan los planes de manejo, así como el reglamento aún no son oficiales, una vez que sean publicadas se tendrá el marco de referencia para la aplicación y la definición de los residuos de manejo especial y sus planes de manejo.

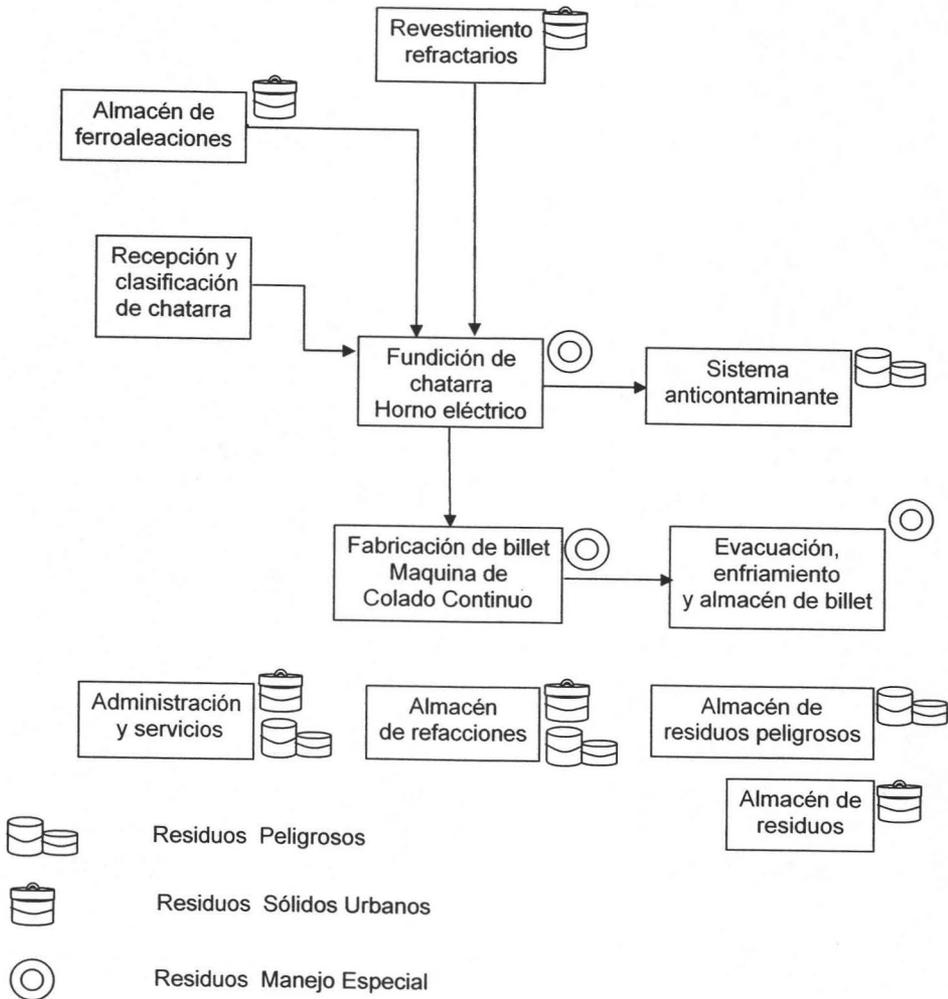
Escoria horno eléctrico <sup>4</sup> es un subproducto resultado de la fusión de los metales que flota en la superficie del acero líquido y está compuesto principalmente por óxidos, sulfuros, cenizas, material refractario y bajo porcentaje de acero líquido

Cascarilla <sup>5</sup>, material generado por oxidación durante los procesos de calentamiento y enfriamiento que existen durante la producción y transformación del acero, desprendiéndose de la capa superficial.

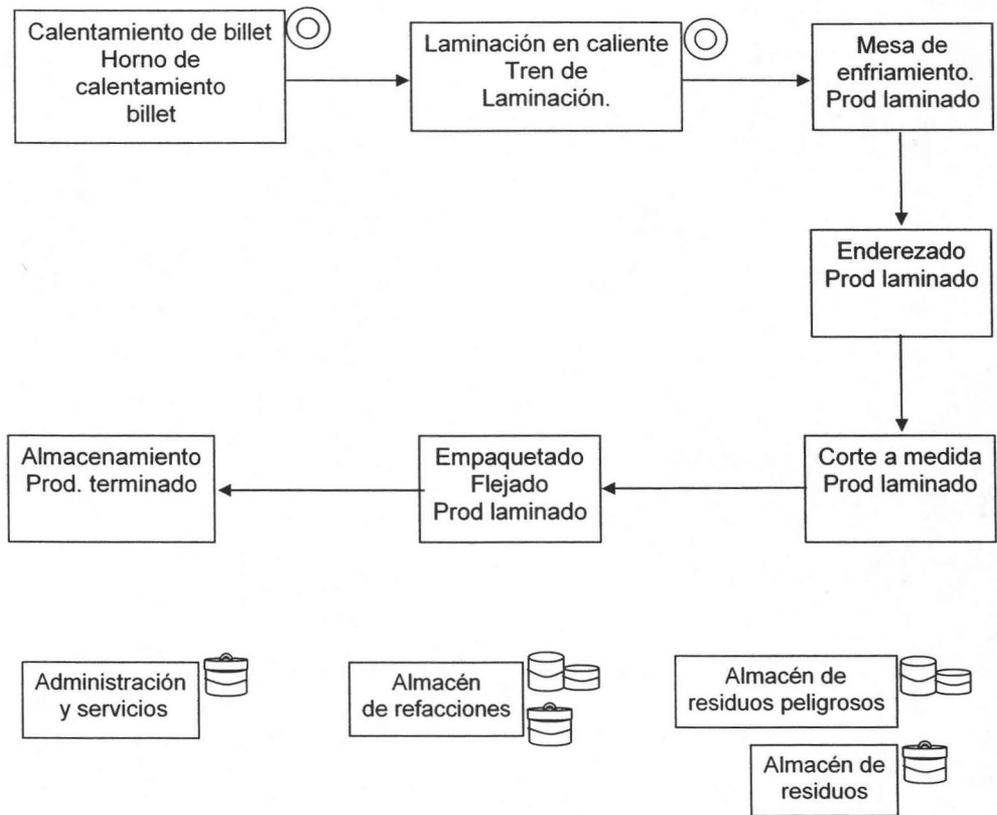
## Diagrama de flujo y organigrama

Para establecer un plan de manejo es necesario identificar las áreas y procesos en donde se realiza la fundición y laminación del hierro y acero así como los puestos involucrados en la generación de los residuos.

### Diagrama de flujo. Fundición



## Diagrama de flujo de Laminación



Residuos Peligrosos

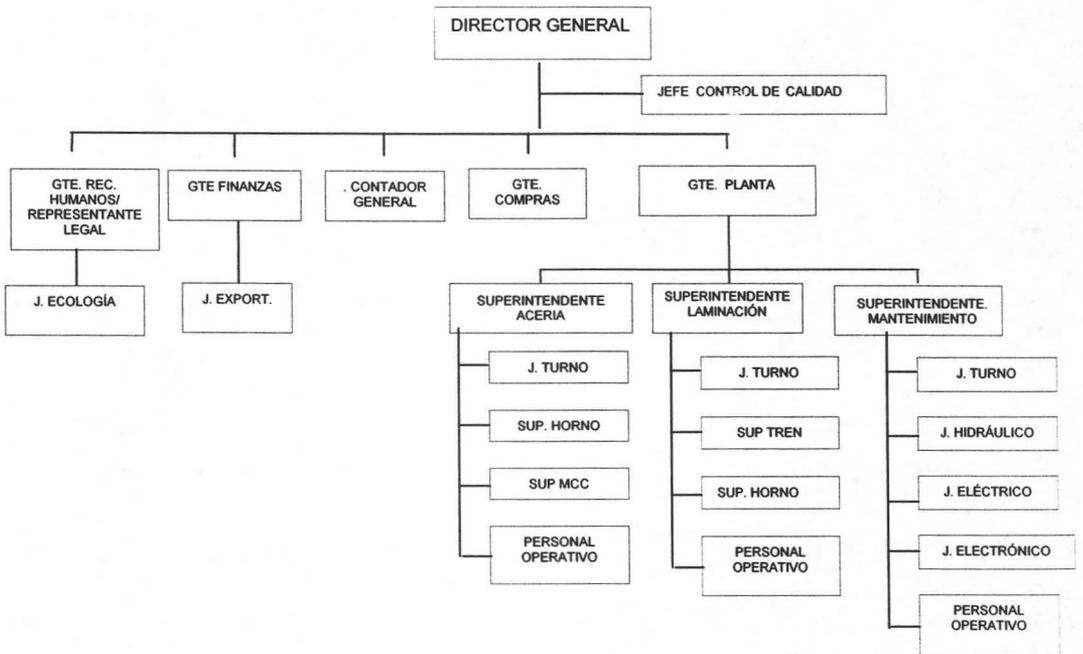


Residuos Sólidos Urbanos



Residuos Manejo Especial

# Organigrama



### **3. Planes de manejo de residuos de manejo especial**

Los planes de manejo de los residuos especiales de la industria de la fundición y laminación de hierro y acero de acuerdo a la LGPGIR Capítulo II se presentan a continuación:

#### ***Plan de manejo para tierra y escombros***

##### **I. Objetivo**

Establecer las acciones para el correcto manejo de la tierra y escombros generados en la industria de la fundición y laminación del hierro y el acero.

##### **II. Alcance**

Este plan de manejo es aplicable desde su generación, almacenamiento, transporte y disposición final de la tierra y el escombros generado en la industria de la fundición y laminación del hierro y el acero.

##### **III. Responsabilidades**

El Representante legal será el responsable de actualizar y proporcionar los recursos para cumplir con este plan de manejo.

El personal operativo, Superintendentes, Jefe de turno, Supervisores y Contratistas serán responsables de dar cumplimiento a las disposiciones descritas en este plan de manejo.

El Jefe de Ecología será el responsable de supervisar que se cumplan las especificaciones de este plan de manejo.

El jefe de Ecología deberá mantener registro de las entradas y salidas de la tierra y escombros, así como reportarlo a las autoridades correspondientes.

El Jefe de Ecología deberá proporcionar información de respaldo en la ejecución de las actividades de verificación y seguimiento de este plan de manejo.

#### IV. Procedimiento

En la industria de la fundición y laminación de hierro y acero no genera como resultado de su producción tierra y escombros. Esta se genera en casos esporádicos por actividad de construcción en planta en general, principalmente por mantenimiento a instalaciones, oficinas y por limpieza en general, por lo que se aplicará este procedimiento cuando se genere el escombros.

1. El personal asignado al trabajo de construcción, remodelación y/o limpieza, ya sea contratista y/o personal operativo deberá dejar limpia el área de trabajo.
2. El personal asignado deberá recoger y trasladar hasta el área designada para tierra y escombros los residuos generados para su almacenamiento,
3. El área de tierra y escombros deberá estar separada de las áreas productivas, áreas de oficinas y de los demás residuos, así como debidamente identificada.
4. Deberán rociar con agua las áreas donde se realicen movimientos con tierra, con objeto de evitar la elevación de partículas suspendidas a la atmósfera.

5. El Jefe de Ecología registrará el peso de la tierra y escombros en cada salida de material.

Los pasos anteriores y la secuencia dependen del tipo de proceso, tamaño, necesidades y recursos de cada instalación.

V. Opciones de reciclaje ó de reuso de la tierra y escombros.

De acuerdo a las características de la tierra y escombros se puede reusar en

- la industria cementera.
- rellenos sanitarios.

VI. Documentación y referencias.

- bitácora de registro de salidas de tierra y escombros.
- reporte a las autoridades municipales correspondientes de los movimientos de tierra y escombros.

### ***Plan de manejo para equipo de cómputo***

I. Objetivo

Establecer las acciones para el correcto manejo del equipo de cómputo generados en la industria de la fundición y laminación del hierro y el acero.

## II. Alcance

Este plan de manejo es aplicable desde su reciclado, reuso y disposición final de equipo de cómputo generado de la industria de la fundición y laminación del hierro y el acero.

## III. Responsabilidades

El Representante legal será el responsable de actualizar y proporcionar los recursos para cumplir con este plan de manejo.

El jefe de Ecología mantendrá registro de los movimientos de reciclaje del equipo de cómputo, así como reportarlo a las autoridades correspondientes.

El Jefe de Ecología proporcionará información de respaldo en la ejecución de las actividades de verificación y seguimiento de este plan de manejo.

## IV. Procedimiento

En la industria de la fundición y laminación de hierro y acero no se genera durante el proceso de producción, este se genera en oficinas, principalmente por que las características ya no son las requeridas por el usuario.

1. El usuario avisará que su equipo de cómputo es obsoleto de acuerdo a sus necesidades.
2. Trasladará el equipo de cómputo al área destinada donde estará aislada e identificada.
3. Buscará reusar el equipo de cómputo en otra área.
4. Impulsar el reuso de todo o partes con proveedores del equipo de cómputo.

5. El Jefe de Ecología registrará cada salida del material de cómputo.

Los pasos anteriores y la secuencia dependen del tipo de proceso, tamaño, necesidades y recursos de cada instalación.

V. Opciones de reciclaje ó de reuso de la equipo de computo.

De acuerdo a las características del equipo de cómputo se puede reusar en diferentes áreas dentro de las instalaciones. Se puede también reusar todo o en partes (desmenuzado).

VI. Documentación y referencias.

- bitácora de registro de los movimientos de reciclaje y reuso del equipo de cómputo
- reporte a las autoridades correspondientes de los movimientos de reciclaje y reuso del equipo de cómputo

## ***Plan de manejo para material electrónico***

### **I. Objetivo**

Establecer las acciones para el correcto manejo del material electrónico generados en la industria de la fundición y laminación del hierro y el acero.

### **II. Alcance**

Este plan de manejo es aplicable desde su generación, almacenamiento, transporte y disposición final de material electrónico generado de la industria de la fundición y laminación del hierro y el acero.

### III. Responsabilidades

El Representante legal será el responsable de actualizar y proporcionar los recursos para cumplir con este plan de manejo.

El personal Operativo, Superintendentes, Jefe de turno, Supervisores de Mantenimiento serán responsables de dar cumplimiento a las disposiciones descritas en este plan de manejo.

El Jefe de Ecología es el responsable de supervisar que se cumplan las especificaciones de este plan de manejo.

El jefe de Ecología mantendrá el registro de las entradas y salidas del material electrónico en el almacén temporal de residuos, así como reportarlo a las autoridades municipales correspondientes.

El Jefe de Ecología proporcionará información de respaldo en la ejecución de las actividades de verificación y seguimiento de este plan de manejo.

### IV. Procedimiento

En la industria de la fundición y laminación de hierro y acero no se genera durante el proceso de fabricación de acero y producción de perfiles estructurales de acero, material electrónico, este se genera principalmente por mantenimiento a maquinaria y equipo, o por sustitución de éste.

1. El Operador o Supervisor depositará el material electrónico en los depósitos identificados con el señalamiento e identificar la pieza electrónica con fecha, de donde proviene, por que salió de servicio.

2. Mantener sellados los contenedores y trasladar el contenedor a su área de almacenamiento.

3. Trasladar el material electrónico al área destinada donde estará aislada e identificada.

4. Buscar reusar el material electrónico en otra área.

5. Intercambiar todo o partes con proveedores o clientes de material electrónico.

5. El Jefe de Ecología registrara cada salida del material electrónico.

Los pasos anteriores y la secuencia dependen del tipo de proceso, tamaño, necesidades y recursos de cada instalación.

V. Opciones de reciclaje ó de reuso del material electrónico.

De acuerdo a las características del material electrónico se puede reusar en diferentes áreas dentro de las instalaciones. Se puede también reciclar todo o en partes (desmenuzado) con proveedores o empresas similares.

VI. Documentación y referencias

- bitácora de registro de las salidas de material electrónico.
- reporte a las autoridades correspondientes de las salidas de material electrónico.

## ***Plan de manejo para escoria de horno eléctrico***

### **I. Objetivo**

Establecer las actividades para el correcto manejo de las Escorias generadas en el proceso de fabricación de hierro y acero.

### **II. Alcance**

Aplicable desde la generación, manejo, transporte, almacenamiento o disposición de escorias; a todas aquellas empresas que en sus procesos de fusión de materiales ferrosos, obtengan productos de hierro y acero.

### **III. Responsabilidades**

El Representante legal será el responsable de actualizar y proporcionar los recursos humanos y materiales para cumplir con este plan de manejo.

El personal Operativo de Acería, Superintendente de Acería, Jefe de turno de Acería y Supervisores de Horno Eléctrico serán responsables de dar cumplimiento a las disposiciones descritas en este plan de manejo.

El Jefe de Ecología es el responsable de supervisar que se cumplan las especificaciones de este plan de manejo.

El Jefe de Ecología mantendrá registro de las entradas y salidas de la escoria, así como reportarlo a las autoridades municipales correspondientes.

El Jefe de Ecología proporcionar información de respaldo en la ejecución de las actividades de verificación y seguimiento de este plan de manejo.

#### IV. Procedimiento

1. Recepción de la escoria incandescente. Se recibe la escoria en fosas o contenedores resistentes a alta temperatura para minimizar los riesgos por alta temperatura, puede incluirse una base de escoria, material refractario o algún tipo de aislante. En el caso de las fosas, se protege del contacto directo al suelo natural con una capa de la misma escoria o arena.

2. Enfriamiento. El enfriamiento se debe realizar al aire libre y/o espreo de agua con la finalidad de evitar riesgos por alta temperatura durante su transportación.

3. Transportación. La carga y traslado a las áreas de almacenamiento se realiza a través de grúa, montacarga lentamente que eviten su dispersión, a través de rutas seguras y de menor riesgo, siempre aplicando los principios básicos de orden y limpieza.

4 Acondicionamiento o Tratamiento. Dependiendo de su reuso, reciclaje, almacenamiento o disposición del material, se aplican algunas de las opciones siguientes de tratamiento o acondicionamiento dentro o fuera de las instalaciones de la empresa.

En estas etapas se requiere que personal cuente con el equipo mínimo de seguridad, que incluye uniforme, casco, mascarilla, lentes de protección, debido a que por las características físicas de la escoria se debe manejar con equipo o maquinaria y no directamente por el personal operativo.

#### V. Opciones de reciclaje ó de reuso de la escoria:

Un análisis típico de escoria de horno de arco eléctrico es:

Composición	% máx.
CaO	40
SiO <sub>2</sub>	30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30
MgO	15
FeO	40
MnO	10
Fe total	15-50

Tabla 4. Composición escoria.

De acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas, la escoria puede ser reutilizada en otros procesos industriales como:

- a) La fabricación de cemento, agregados de concreto,
- b) Base de pavimentación para caminos y autopistas,
- c) Acondicionamiento de suelos,
- d) Balastros de ferrocarril
- e) Cierre de celdas en rellenos sanitarios
- f) Estabilizar taludes,
- g) Formación de gaviones
- h) Sanblasteo (lijado a alta presión de arena)

## VI. Documentación y referencias

- bitácora de registro de entradas y salidas de la escoria de horno eléctrico.
- reporte a las autoridades correspondientes de las entradas y salidas de la escoria de horno eléctrico.

Nota: Los pasos anteriores y la secuencia de los mismos dependerá del tipo de proceso, tamaño, necesidades y recursos particulares de cada instalación, ya que desde la etapa de enfriamiento puede ser manejada por un prestador de servicio debidamente autorizado con la normatividad vigente.

## ***Plan de manejo para material refractario***

### **I. Objetivo**

Establecer las actividades para el correcto manejo del material refractario generado en el proceso de fabricación y transformación de hierro y acero.

### **II. Alcance**

Aplicable desde la generación, manejo, transporte, almacenamiento o disposición de material refractario que en el proceso de fusión y transformación se obtengan productos de hierro y acero.

### **III. Responsabilidades**

El Representante legal será el responsable de actualizar y proporcionar los recursos para cumplir con este plan de manejo.

El personal Operativo de Acería y Laminación, Superintendente de Acería y Laminación, Jefe de turno Acería y Laminación y Supervisores Horno Eléctrico y Horno de Calentamiento serán responsables de dar cumplimiento a las disposiciones descritas en este plan de manejo.

El Jefe de Ecología es el responsable de supervisar que se cumplan las especificaciones de este plan de manejo.

El Jefe de Ecología mantendrá registro de las entradas y salidas del material refractario, así como reportarlo a las autoridades correspondientes.

El Jefe de Ecología proporcionará información de respaldo en la ejecución de las actividades de verificación y seguimiento de este plan de manejo.

#### IV. Procedimiento

1. Generación de material refractario, el material refractario se deposita en el área asignada, esta puede ser cerca del área de la escoria, durante esta etapa el refractario está a temperatura ambiente y puede depositarse en tinas para trasladarlo al lugar de almacenamiento temporal, para esta etapa el personal debe contar con el equipo de seguridad mínimo, que consta de uniforme, mascarilla, casco, zapatos de seguridad, lentes de protección y guantes de protección.
2. Transportación. El traslado de la tina o contenedor al área de almacenamiento temporal será a través de grúa o montacarga, a través de rutas seguras y de menor riesgo, siempre aplicando los principios básicos de orden y limpieza.
4. Una vez en el almacén temporal es cargado por medio de grúa o trascabo a camiones o tinas para ser depositado de acuerdo a su reciclaje o disposición del material.

#### V. Opciones de reciclaje ó de reuso de material refractario

De acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas, el material refractario puede ser reutilizada en otros procesos industriales como:

- a) La fabricación de cemento, agregados de concreto,
- b) Uso dentro de la misma instalación
- c) Cierre de celdas en rellenos sanitarios

## VI. Documentación y referencias

- bitácora de registro de entradas y salidas del material refractario.
- reporte a las autoridades correspondientes de las entradas y salidas del material refractario.

Nota: Los pasos anteriores y la secuencia de los mismos dependerá del tipo de proceso, tamaño, necesidades y recursos particulares de cada instalación.

## ***Plan de manejo para cascarilla***

### I. Objetivo

Establecer las actividades para el correcto manejo de la cascarilla del proceso de fabricación y transformación de hierro y acero.

### II. Alcance

Aplicable desde la generación, manejo, transporte, almacenamiento o disposición de cascarilla generada en sus procesos de fusión y transformación de hierro y acero.

### III. Responsabilidades

El Representante legal será el responsable de actualizar y proporcionar los recursos para cumplir con este plan de manejo.

El personal Operativo de Acería, Laminación, Superintendente de Acería y Laminación, Jefe de turno Acería y Laminación serán responsables de dar cumplimiento a las disposiciones descritas en este plan de manejo.

El Jefe de Ecología es el responsable de supervisar que se cumplan las especificaciones de este plan de manejo.

El jefe de Ecología mantendrá registro de las entradas y salidas de la cascarilla, así como reportarlo a las autoridades correspondientes.

El Jefe de Ecología proporcionará información de respaldo en la ejecución de las actividades de verificación y seguimiento de este plan de manejo.

### IV. Procedimiento

1. Recolección de cascarilla en el procesos de colada continua, la cascarilla es arrastrada por el agua de enfriamiento a unas fosas, que tienen fases de separación de sólidos, donde se recupera la escama y finos metálicos.
- 2- En los procesos de recalentamiento, enfriamiento y corte. La separación y recolección de cascarilla por medio de equipos manuales, evitando se mezcle con otros materiales no afines.
- 3.- Recolección en los procesos de laminación. Es a través de la recirculación del sistema de refrigeración de los rodillos de laminación, una vez recolectados en el proceso de enfriamiento son llevados por medio de canales hacia una fosa de recolección pasando a una trampa donde se separa.

4.- Una vez colectada es trasladada al almacén temporal por medio de equipo como puede ser montacarga a través de rutas establecidas y mínimo riesgo, este almacén es cielo abierto y a granel, plenamente identificada dependiendo de las disponibilidades de espacio.

V. Opciones de reciclaje ó de reuso de la escoria:

De acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas, la escoria puede ser reutilizada en otros procesos industriales como:

- a) En la producción de cemento como materia prima.
- b) En agregados de concreto.
- c) En la industria de producción de ferroaleaciones.
- d) En la producción de sinter, peletizado.

VI. Documentación y referencias.

- bitácora de registro de entradas y salidas de la cascarilla.
- reporte a las autoridades correspondientes de las entradas y salidas de la cascarilla.

Nota: Los pasos anteriores y la secuencia de los mismos dependerá del tipo de proceso, tamaño, necesidades y recursos particulares de cada instalación, ya que desde la etapa de enfriamiento puede ser manejada por un prestador de servicio debidamente autorizado con la normatividad vigente.

### 3. Discusión

Del Art. 17 de la LGPGIR donde menciona “Los residuos de la industria minero – metalúrgica provenientes del minado y tratamiento de minerales tales como jales, residuos de los patios de lixiviación abandonados así como los provenientes de la fundición y refinación primarias de metales por métodos pirometalúrgicos o hidrometalúrgicos, son de regulación y competencia federal...” es necesario aclarar que no aplica para la industria de la fundición y laminación de hierro y acero que parte de chatarra de acero como materia prima y que usa en su proceso horno eléctrico, ya que este proceso es llamado fundición secundaria o de afino, y dicho artículo aplica para procesos minero metalúrgico y fundición primaria, es decir desde la extracción, preparación y fundición del mineral.

Se han identificado los residuos de acuerdo a la clasificación de la LGPGIR y se presentan los planes de manejo, sin embargo para la Industria de la Fundición y Laminación de hierro y acero no se tienen considerados en el Título Tercero de la LGPGIR “Clasificación de los residuos”.

En la industria de la Fundición y Laminación de hierro y acero se incluyen residuos de manejo especial que requieren plan de manejo por generarse en más de 10 toneladas anuales, estos son escoria del horno eléctrico, cascarilla y material refractario.

Los planes de manejo que se presentan están elaborados sin tomar en cuenta algún elemento, procedimiento o instrumentos jurídico, ya que estos se especificarán en las normas oficiales mexicanas correspondientes Art. 31 de la LGPGIR que aun no son publicadas, sin embargo están basados en los principios que señala dicha ley.

Una vez que sea publicado Reglamento correspondiente a la LGPGIR así como las normas oficiales mexicanas correspondiente a los listados de los residuos que

requieren de planes de manejo así como los requisitos y procedimientos serán enriquecidos dichos planes

Los planes que se presentan en este trabajo son generales y será de acuerdo a cada proceso, tamaño, necesidades y recursos de cada empresa la secuencia de los pasos en la aplicación.

## 4. Conclusiones

- Se tienen identificados los residuos generados en la Industria de la fundición y laminación de hierro y acero bajo la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Actualmente la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos no puede ser aplicada en cuanto a los residuos de manejo especial a la Industria de la Fundición y Laminación de hierro y acero durante el proceso debido a que en la clasificación de estos residuos no están considerados los generados por esta industria, solo podrá ser aplicada cuando el reglamento de dicha ley y las NOM sean publicadas y que incluyan a los residuos generados por dicha industria.
- Se debe considerar que algunos de los residuos generados en una industria de la fundición y laminación de hierro y acero durante el proceso no son residuos sólidos urbanos, sin embargo tampoco son residuos peligrosos de acuerdo LGPGIR por lo que se clasifican como residuos de manejo especial.
- No solo para los residuos de manejo especial generados en la industria de la fundición y laminación de hierro y acero listados en la LGPGIR requieren planes de manejo, también lo requieren los que generan más de 10 ton. anuales del residuo.
- Las NOM's deben ser publicadas para contar con los elementos y procesos validos para los planes de manejo y su correcta aplicación práctica en el manejo de residuos de manejo especial.

- La contaminación y generación de residuos es un problema ambiental que debemos conocer y controlar, la legislación sin embargo no esta completa, y de esta manera no es posible aplicarla.
- Debemos cuidar y concienciar el mundo en que vivimos para que futuras generaciones puedan disfrutar y también vivir.

## 5. Bibliografía

INE, SEMARNAT, 13 de diciembre de 1996. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

INE. SEMARNAT, 8 de octubre de 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

INE. SEMARNAT. 22 de octubre 1993. NOM-052-SEMARNAT-1993. Norma Oficial mexicana , que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

CANACERO. Perfil de la Industria Siderurgica Mexicana, Marzo 2003.

V.1 Reciclaje de escorias de acería. B. Kos, M.Sc., Ph.D. Instituto Latinoamericano del Hierro y el Acero (ILAFA), Comité Asesor del Directorio de ILAFA en Medio Ambiente. 2000.

Generación- propiedades-utilización. Memoria técnica de las primeras jornadas técnicas de escorias siderúrgicas. Instituto Latinoamericano del Hierro y el Acero (ILAFA), Santiago de Chile 1987.

Instrumento Técnico Normativo 03 Escorias. Convenio SEMARNAT-Canacero. 2005