



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES
NO PELIGROSOS EN EL SECTOR METALMECÁNICO
AUTOMOTRIZ**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
CAMPO DE CONOCIMIENTO – AMBIENTAL

P R E S E N T A :

ING. MARTHA OLIVIA DÍAZ TERÁN ORTEGÓN

TUTOR:

M. en C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIO

México D.F.
Ciudad Universitaria
Mayo 2012



JURADO ASIGNADO:

Presidente: M. Adm. Ind. Ramírez Burgos Landy Irene.

Secretario: Dra. Rojas Valencia María Neftaly.

Vocal: M. en C. Gutiérrez Palacios Constantino.

1^{er}. Suplente: Dra. Fernández Villagómez Georgina.

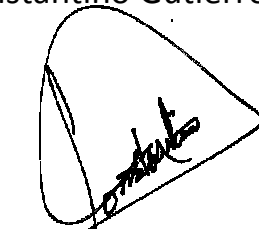
2^{do}. Suplente: M. I. Hernández García Silvina.

Lugar donde se realizó la tesis:

México D.F. Edificio de Posgrado de Ingeniería, Ciudad Universitaria.
Querétaro Qro. Empresa en estudio.

TUTOR DE TESIS:

M. en C. Constantino Gutiérrez Palacios

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Constantino', is written over a horizontal line. The signature is enclosed within a hand-drawn, irregular triangular shape.

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente al Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Ambiental, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado para la realización de mis estudios de maestría.

También quiero agradecer de manera especial a mi comité tutorial y jurado por enriquecer este trabajo con sus comentarios y asesorías.

Extiendo mis agradecimientos a la empresa metalmecánica automotriz en la que realicé gran parte de este trabajo, por todas las facilidades brindadas.

Finalmente, dedico este trabajo a todas las personas que estuvieron conmigo a lo largo de estos dos años, quienes con su apoyo, consejos y compañía ayudaron a que lograra superar con éxito esta etapa de mi vida. Especialmente a ti, por haber vivido de cerca mis frustraciones, enojos, alegrías y cambios de humor, gracias por estar a mi lado.

RESUMEN

El punto central de esta tesis es la presentación de una propuesta de Metodología para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Industriales no peligrosos en el sector Metalmeccánico Automotriz.

Esta Metodología fue desarrollada tomando el enfoque de trabajar mediante proyectos y las etapas que contempla son: definición de proyectos, recopilación de información, análisis de información, identificación de alternativas, evaluación y selección de la mejor alternativa, implementación, control y documentación.

La base para la elaboración de dicha Metodología, además de la consulta bibliográfica, consistió en un estudio diagnóstico sobre el sistema de manejo de éste tipo de residuos en una empresa de ese sector industrial, cuyo análisis forma parte de este trabajo.

Entre los puntos que presenta el estudio diagnóstico se encuentran: tipos de residuos, tasas de generación, las características de los contenedores, los métodos de recolección, áreas de almacenamiento de residuos y las empresas prestadoras de servicios que se encargan del manejo de residuos.

Finalmente, al conjuntar la información recabada durante el trabajo de campo y el desarrollo de la metodología, se presenta un Plan de Manejo para la empresa en estudio tomando en cuenta la forma de manejo actual de sus residuos, más una serie de propuestas de mejora.

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
ÍNDICE.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS	IV

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA.	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4. OBJETIVOS PARTICULARES.....	4
1.5. ALCANCES.	5
1.6. RESULTADOS ESPERADOS.....	5

CAPÍTULO II

2. ANTECEDENTES.....	6
2.1. MARCO LEGAL.	6
I. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	6
II. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).	7
III. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).	7
IV. Proyecto de norma referente a los Planes de Manejo (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011). 8	
V. Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro (LPGIREQ)....	8
VI. Reglamento de la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro (RLPGIREQ).	9
2.2. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	10

I.	Introducción.....	10
II.	<i>Gestión de residuos.</i>	11
III.	<i>Gestión integral de residuos sólidos.</i>	14
2.3.	PLANES DE MANEJO.....	15
I.	<i>Panorama internacional.</i>	15
II.	<i>Panorama Nacional.</i>	17

CAPÍTULO III

3.	INDUSTRIA METALMECÁNICA.....	25
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	25
3.2.	DEFINICIÓN Y GENERALIDADES.....	25
3.3.	TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS.....	26
3.4.	MANEJO DE RME PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA A NIVEL INTERNACIONAL.....	28

CAPÍTULO IV

4.	CASO DE ESTUDIO.....	30
4.1.	ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	30
I.	<i>Residuos generados.</i>	33
4.2.	MANEJO ACTUAL DE LOS RME GENERADOS EN PRODUCCIÓN.....	34
I.	<i>Generación.</i>	34
II.	<i>Almacenamiento en planta.</i>	38
III.	<i>Recolección Inicial.</i>	41
IV.	<i>Almacenamiento Preliminar.</i>	42
V.	<i>Recolección y Transporte interno.</i>	42
VI.	<i>Almacenamiento General.</i>	44
VII.	<i>Recolección y transporte externo.</i>	48
4.3.	MANEJO DE RME GENERADOS EN OTRAS ÁREAS.....	49
I.	<i>Jardinería.</i>	49
II.	<i>Comedor.</i>	50
III.	<i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.</i>	52
IV.	<i>Limpieza general.</i>	53

4.4. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE MANEJO. 54

CAPÍTULO V

5. METODOLOGÍA 57

I. Selección de la empresa en estudio. 57

II. Revisión bibliográfica. 57

III. Trabajo de campo. 57

IV. Análisis de la información obtenida en el trabajo campo. 58

V. Elaboración de la propuesta de metodología para la gestión integral de residuos industriales no peligrosos en la industria metalmeccánica automotriz. 58

VI. Realización del Plan de Manejo de RME para el caso de estudio. 58

CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS 59

6.1. PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES NO PELIGROSOS EN EL SECTOR METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ. 59

I. Definición de proyectos. 59

II. Recopilación de información. 60

III. Análisis de información. 62

IV. Identificación de alternativas. 64

V. Evaluación y selección de la mejor alternativa. 65

VI. Implementación de alternativas. 75

VII. Etapa de control. 76

VII. Documentación. 77

6.2. CONSIDERACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS SIGUIENDO LAS ETAPAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS. 79

I. Forma de manejo. 79

II. Generación. 82

III. Almacenamiento. 82

IV. Recolección. 84

V. Transporte. 85

VI. Tratamiento. 85

VII. Destino de los Residuos.....	86
6.3. PLAN DE MANEJO PARA RME.....	86
I. Índice del Plan de Manejo.....	86
II. Descripción de los puntos del Plan de Manejo.....	87
CAPÍTULO VII	
7. CONCLUSIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS	
A. ANEXO 1.....	96
B. ANEXO 2.....	98
C. ANEXO 3.....	100
D. ANEXO 4.....	102
E. ANEXO 5.....	103
F. ANEXO 6.....	110
G. ANEXO 7.....	114
H. ANEXO 8.....	118
I. ANEXO 9.....	122
J. ANEXO 10.....	126
K. ANEXO 11.....	129
L. ANEXO 12.....	130
M. ANEXO 13.....	133
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1 - Diagrama de la gestión integral de residuos sólidos. Adaptado de (Tchobanoglous, 1993).	2
--	---

CAPÍTULO II

Figura 2.1 - Diagrama de flujo de la generación de residuos sólidos en una sociedad tecnológica (Tchobanoglous, 1993).....	11
Figura 2.2 - Diagrama simplificado que muestra la relación entre los elementos de un sistema de manejo de residuos (Tchobanoglous, 1993).....	12
Figura 2.3 - Diagrama de la gestión integral de residuos sólidos. Adaptado de (Tchobanoglous, 1993).	16

CAPÍTULO III

Figura 3.1 - Diagrama de flujo del proceso productivo de la industria metalmecánica.	27
---	----

CAPÍTULO IV

Figura 4.1 - Diagrama de flujo general del proceso productivo de la empresa.	31
Figura 4.2 - Diagrama de flujo del manejo de los RME generados en las áreas de producción.	35
Figura 4.3 - Contenedores dentro de sus áreas señalizadas.....	40
Figura 4.4 - Isla de contenedores para RME, con señalamientos.	40
Figura 4.5 - Carros recolectores de rebabas.	41
Figura 4.6 - Área de almacenamiento secundario de Planta 2, para rebabas y cartón.	42
Figura 4.7 - Transporte y vaciado de contenedores.....	43
Figura 4.8 - Recolección y transporte de agua contaminada.....	44
Figura 4.9 - Disposición del almacén de forja.	45
Figura 4.10 – Fotos del almacén de forja.	45
Figura 4.11 - Disposición del almacén de chatarra.	46
Figura 4.12 – Foto del almacén de chatarra.....	46
Figura 4.13 - Distribución del área de PITS.	47
Figura 4.14 – Fotos de los contenedores del área de PITS.....	47
Figura 4.15 - Tambos de abrasivos empacados para su salida de la empresa.....	48
Figura 4.16 - Fotos del contenedor de jardinería.....	50
Figura 4.17 - Contenedores internos del comedor.	51
Figura 4.18 - Contenedor externo para residuos orgánicos del comedor.	52

Figura 4.19 - Foto del área destinada al contenedor de residuos orgánicos.....	52
Figura 4.20 - Fotos de las fosas de secado de lodos de la PTAR.	53
Figura 4.21 - Foto de los lodos secos de la PTAR.	53
Figura 4.22 - Foto de la barredora de motor del personal de limpieza de la planta.	54

CAPÍTULO VI

Figura 6.1 – Ejemplo de alternativas para solucionar un problema.	65
--	----

ANEXOS

Figura E.1 – Agua contaminada con aceite.	104
Figura E.2 – Cascarilla.....	104
Figura E.3 - Polvo de granalla.	105
Figura E.4 - sobrantes de acero.....	105
Figura E.5 - Lodos aceitosos producidos en forja.....	106
Figura E.6 - Material impregnado de aceite.....	106
Figura E.7 - Lodos abrasivos producto del maquinado.	107
Figura E.8 - Lodos aceitosos producto del maquinado.	108
Figura F.1 - Contenedor para residuos metálicos generados en forja.	111
Figura F.2 - Contenedores para rebaba empleados en Planta 1.....	112
Figura F.3 - Contenedores para rebaba empleados en Planta 2.....	112
Figura F.4 - Contenedores para rebaba empleados en Planta 3.....	113
Figura K.1 – Diagrama de flujo de la Metodología propuesta para la Gestión Integral de residuos.	129
Figura M.1 – Diagrama de flujo del manejo de los residuos alimenticios.	136
Figura M.2 - Diagrama de flujo del manejo de los residuos de jardinería.	136
Figura M.3 - Diagrama de flujo del manejo de las latas de aluminio y las botellas de PET.	136
Figura M.4 - Diagrama de flujo del manejo de los residuos mezclados.....	136
Figura M.5 - Diagrama de flujo del manejo de los residuos generados en los procesos productivos.	137
Figura M.6 - Diagrama de flujo del manejo de los lodos abrasivos y el polvo de granalla.	137

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III

Tabla 3.1 - Tabla resumen de los residuos generados en la industria metalmecánica.....	28
--	----

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1 – Tabla que muestra los principales RME generados en la empresa.	33
Tabla 4.2 – Listado de los principales RP generados en la empresa.	34
Tabla 4.3 – Listado de los residuos generados en los procesos productivos de la empresa en estudio.....	36
Tabla 4.4 – Balance de materiales de la materia prima metálica utilizada en la empresa.	37
Tabla 4.5 – Listado de los residuos generados en las áreas sin maquinado.	37
Tabla 4.6 – Tasas de generación de RME diversos.....	38
Tabla 4.7 – Código de colores para los contenedores de la empresa.....	38
Tabla 4.8 – Capacidad de los contenedores.....	39
Tabla 4.9 – Rebaberos asignados por turno.....	41
Tabla 4.10 – Montacargas asignados por áreas, en los turnos matutino y vespertino.	43
Tabla 4.11 – Contenedores del área de PITS.....	47
Tabla 4.12 – Frecuencia de recolección de algunos residuos.	49

CAPÍTULO VI

Tabla 6.1 – Procedimientos para la caracterización de RSU.	61
Tabla 6.2 – Inversiones Iniciales.....	70
Tabla 6.3 – Calendario de inversión.	74
Tabla 6.4 – Ejemplo de una tabla maestra de residuos.	78

ANEXOS

Tabla E.1 – Listado de los residuos generados en las áreas de corte y mantenimiento.....	103
Tabla E.2 – Listado de los residuos generados en el área de forja.	104
Tabla E.3 – Listado de los residuos generados en Planta 1.....	107
Tabla E.4 – Listado de los residuos generados en Planta 2.....	108
Tabla E.5 – Listado de los residuos generados en Planta 3.....	109
Tabla E.6 – Listado de los residuos generados en el área de Ensamble.	109
Tabla F.1 – Características de contenedores para rebabas.	110
Tabla H.1 – Inversiones fijas.....	118
Tabla H.2 – Inversiones diferidas.	119

Tabla H.3 – Mano de obra.....	119
Tabla H.4 – Mano de obra (continuación).	120
Tabla H.5 – Insumos.	120
Tabla H.6 – Depreciaciones y amortizaciones.....	121
Tabla H.7 – Flujo de estado de resultados.	121
Tabla J.1 – Ejemplo para calcular tasas de generación.	126
Tabla J.2 – Ejemplo del método cualitativo por puntos.....	128
Tabla L.1 – Formato para datos generales de la empresa que realiza el Plan de Manejo.....	130
Tabla L.2 – Formato para la descripción de los residuos incluidos en el plan de manejo.	131
Tabla L.3 – Formato para especificar la cantidad promedio anual generada por residuo.	131
Tabla L.4 – Formato para describir la forma de recolección interna de los residuos.....	131
Tabla L.5 - Formato para describir la forma de almacenamiento de los residuos.....	131
Tabla L.6 – Formato para indicar las empresas transportadoras de los residuos.....	131
Tabla L.7 – Formato para presentar el tipo de destino que tiene cada residuo.	132
Tabla L.8 – Formato para indicar a las empresas comercializadoras de residuos.	132
Tabla L.9 – Formato para indicar a las empresas recicladoras de residuos.	132
Tabla L.10 – Formato para indicar el lugar donde se disponen los residuos.	132
Tabla M.1 – Descripción de los residuos objeto del plan.....	134
Tabla M.2 – Tipo y cantidad promedio generada por Residuo.	135
Tabla M.3 – Forma de recolección interna de los residuos.	138
Tabla M.4 – Forma de almacenamiento de los residuos.	140
Tabla M.5 – Empresas prestadoras de servicios.	141
Tabla M.6 – Destinos de los residuos.....	141
Tabla M.7 – Empresas de comercialización de materiales reciclables.	141
Tabla M.8 – Empresas recicladoras.....	142
Tabla M.9 – Disposición final de residuos.....	142

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMÁTICA.

En México, como en otros países, el proceso de industrialización que se intensificó a partir de la segunda mitad del siglo XX derivó en una mayor demanda de materias primas para satisfacer el creciente consumo de bienes y servicios de una población cada vez más numerosa y con patrones de consumo cada vez más demandantes. Como consecuencia se agravaron los problemas ambientales, entre ellos la generación de residuos tanto urbanos como industriales; es por ello que uno de los retos más importantes que enfrenta actualmente México es el manejo adecuado de estos residuos (SEMARNAT, 2008).

Entre las principales razones de interés para llevar a cabo una gestión integral adecuada de los residuos, se mencionan las siguientes:

Los residuos sólidos manejados incorrectamente provocan la generación de contaminantes y gases de efecto invernadero, contaminación de los suelos y cuerpos de agua, así como la proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades.

La cantidad de residuos sólidos generados en México sigue en aumento; en 2009 se estimó una generación diaria de 105 mil toneladas (INEGI, 2009). Esta cifra se ha incrementado notablemente en los últimos años, debido básicamente al crecimiento urbano, al desarrollo industrial, a las modificaciones tecnológicas y al cambio de los patrones de consumo de la población.

Actualmente existen muy pocas instalaciones de rellenos sanitarios que pueden recibir, tratar y eliminar adecuadamente los residuos sólidos. Al año 2008 se reportan un total de 128 rellenos sanitarios, 26 rellenos de tierra controlados y 154 sitios controlados con una capacidad de recepción de 50.7 millones de toneladas (INEGI, 2011), donde los residuos se disponen básicamente en tierra, sin contar con tratamientos alternativos o de mayor eficiencia y aprovechamiento.

La Secretaría de Medio Ambiental y Recursos Naturales, SEMARNAT, reporta que la generación estimada de residuos sólidos urbanos (en adelante RSU) en el país, al año 2009 fue de 38.3 millones toneladas. Mientras que la recolección estimada de estos residuos a nivel nacional, en el mismo año, fue del 90.6%. Teniendo estados como Aguascalientes con un 98% de recolección y otros como Chiapas con un porcentaje de recolección del 87%.

También reporta que la disposición estimada de los RSU a nivel nacional en sitios controlados, el año 2009, fue del 68% (SEMARNAT, 2011).

Tomando como base lo anterior, se puede observar que en México no se cuenta con la suficiente infraestructura para el buen manejo de residuos comparado con las necesidades actuales.

Gestión de Residuos en la Industria Manufacturera.

En el país existe una gran variedad de industrias que se dedican a la fabricación de productos, las cuales utilizan diversas materias primas y generan productos terminados con características físico-químicas muy distintas. En estos procesos industriales se mezclan y combinan los materiales para obtener productos nuevos y; debido a ello se generan diferentes residuos a lo largo de la cadena de procesos. Para manejar dichos residuos no solo es necesario prestar atención a sus características intrínsecas, sino también al volumen en que son generados.

La gestión adecuada de dichos residuos consiste en su manejo desde la generación hasta la disposición, pasando por otras etapas como las de recolección y transporte, siempre haciendo hincapié en la práctica conocida como 3Rs: Reducir el volumen de residuos generados, Reutilizar los productos siempre que sea posible y Reciclar los residuos cuando la reducción y la reutilización no sean viables.

El siguiente diagrama, presentado en la figura 1.1, representa de forma jerarquizada los pasos que se deben seguir para realizar una gestión adecuada de los residuos industriales, ilustrando también que lo menos favorable para el ambiente y las empresas es la disposición de residuos, sin embargo es la práctica que más se realiza.



Figura 1.1 - Diagrama de la gestión integral de residuos sólidos. Adaptado de **(Tchobanoglous, 1993)**.

El primer paso para realizar un manejo adecuado consiste en intensificar y estimular la reducción del residuo en su propia fuente de generación.

Cuando no es posible reducir más la generación de residuos en la fuente, habrá que recurrir a otras opciones, como su reincorporación directa, o después de algún tratamiento, al proceso que lo generó o a otro.

La reducción y reciclaje de los residuos trae consigo una serie de beneficios económicos y ecológicos. Al reducir la generación de residuos en la fuente se aprovecha un alto porcentaje de la materia prima y como consecuencia puede darse una mejora en los procesos productivos, lo que significa ahorros para la empresa mientras que se reduce el ritmo de explotación de recursos naturales.

Al reducir el volumen de generación de residuos se evitan gastos que repercutirían en el costo del producto terminado, lo que vuelve a la empresa más competitiva en los mercados nacionales e internacionales.

Finalmente, es notorio que al reducir la generación de residuos o al recuperarlos, se obtienen beneficios ambientales que impactan directamente en aspectos socio-económicos y de salud de la población cercana a la industria.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, LGEEPA, menciona en su título cuarto que es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales e industriales, incorporando técnicas y procedimientos para su reutilización y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final de forma eficiente (LGEEPA, 1988).

Actualmente el inadecuado manejo de los residuos sólidos se ha convertido en un serio problema, ya que el acelerado crecimiento poblacional y los cambios presentados en los hábitos de consumo repercuten en los sitios de disposición final que rápidamente se ven saturados. Esto, aunado a la creciente demanda de materias primas de diversos orígenes conlleva a una explotación acelerada de recursos; lo que ha derivado en la búsqueda de prácticas y tratamientos que permitan reducir la cantidad de residuos sólidos que llegan a la disposición final, siempre con la idea de conservar recursos y de reincorporar los materiales a los procesos productivos.

En la mayor parte del país los grandes generadores de Residuos de Manejo Especial (RME) no conocen sus obligaciones respecto al buen manejo de residuos y las autoridades no han brindado todos los elementos para que puedan hacerlo.

En consecuencia a lo anterior, el 1 de septiembre de 2010 se aprobó un anteproyecto de norma que establece los criterios para clasificar a los RME y determinar cuales están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos así como los elementos y procedimientos para la formulación de dichos planes. Con esto se pretende que las

empresas mexicanas no solo se dediquen a la producción de bienes y servicios, sino que se involucren de forma activa con el cuidado del ambiente.

Debido a los diversos procesos productivos, los planes de manejo deben realizarse específicamente para cada empresa, pero los pasos a seguir para su realización pueden ser tomados por varias empresas del mismo sector industrial. Por ello, en este trabajo se proporciona una metodología general para la gestión integral de RME generados en el sector industrial metalmecánico automotriz, el cual servirá como base para la realización de planes de manejo por las empresas que se dediquen a este giro industrial, presentando, adicionalmente a la metodología, un plan de manejo específico para una empresa de este sector. Teniendo como base el cumplimiento de lo que marca la legislación nacional en materia de gestión de residuos.

1.3. OBJETIVO GENERAL.

Elaborar una metodología para la gestión integral de residuos sólidos industriales no peligrosos en el sector metalmecánico automotriz, basado en un caso estudio, para la realización de planes de manejo, cumpliendo con lo establecido en la normatividad mexicana.

1.4. OBJETIVOS PARTICULARES.

- Realizar un estudio diagnóstico de la gestión actual de residuos de manejo especial en la empresa en estudio, basado en experiencias reportadas en la bibliografía.
- Identificar los diversos tipos de residuos generados en la empresa en estudio, de acuerdo a la información que ellos proporcionen.
- Seleccionar los residuos que deban ser integrados al plan de manejo, según lo que marca la legislación nacional.
- Establecer mejores prácticas de manejo en la industria en estudio a partir de la observación de las actividades que allí se desarrollan y de la revisión bibliográfica.
- Determinar indicadores de desempeño que apoyen la evaluación de las mejores prácticas de manejo, basado en la investigación bibliográfica.

1.5. ALCANCES.

- La metodología se realizará exclusivamente para residuos sólidos industriales no peligrosos.
- La base para determinar la metodología general será el estudio de una sola empresa del sector automotriz.
- La información presentada en este trabajo estará sujeta a las políticas de confidencialidad de la empresa en estudio.

1.6. RESULTADOS ESPERADOS.

- Una metodología para la gestión integral de residuos de manejo especial en el sector industrial metalmecánico automotriz.
- Un diagnóstico de la gestión actual de residuos de manejo especial en la empresa en estudio.
- Propuestas de mejores prácticas de residuos de manejo especial para el sector industrial automotriz.
- Un plan de manejo de residuos sólidos industriales no peligrosos para la empresa en estudio.

2. ANTECEDENTES

En este capítulo se muestra un panorama general de las bases legales y conceptuales para realizar una adecuada gestión integral de residuos de manejo especial.

2.1. MARCO LEGAL.

En este apartado se presenta, de manera general, la legislación en materia de Residuos Sólidos que aplica al presente trabajo.

I. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, garantizando el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; asimismo, preserva la restauración y el mejoramiento del ambiente a través de la protección de la biodiversidad, la restauración de todos los recursos naturales y la prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo (LGEEPA, 1988).

La Ley hace hincapié en que para lograr este entorno adecuado es necesario prevenir y controlar los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, sin olvidar que los recursos naturales no renovables deben utilizarse de manera consciente para evitar su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos. Es por ello que actualmente se insiste en el reciclaje de diversos residuos producto tanto de las actividades industriales como de los hábitos de consumo de la sociedad.

También marca que se debe promover el diseño, desarrollo y aplicación de instrumentos económicos que incentiven la gestión integral adecuada de los residuos, promoviendo un cambio en la conducta de quienes realicen actividades industriales, de tal manera que sus intereses sean compatibles con la protección ambiental y el desarrollo sustentable.

De igual manera, se menciona que uno de los puntos clave para prevenir y controlar la contaminación radica en la reducción en la generación de residuos, incorporando técnicas y procedimientos para su reutilización y reciclaje, principalmente para los RME ya que en su mayoría son residuos de lenta degradación que alteran el ambiente por largos períodos de tiempo.

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

La Secretaría de Mejoramiento Ambiental y Recursos Naturales, SEMARNAT, publicó en el año 2003, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), que promueve la participación corresponsable de todos los sectores sociales en las acciones referentes a la prevención de la generación, valorización y lograr una gestión integral de los residuos ambientalmente adecuada, que sea tecnológica, económica y socialmente viable y de conformidad con las disposiciones establecidas en ésta y el resto de leyes federales.

A grandes rasgos esta ley establece las bases para aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos; regular su generación y manejo integral .

Establece los fines y objetivos de los planes de manejo y quienes están obligados a formular y ejecutar dichos planes de manejo.

Se puede apreciar que la ley se enfoca en reducir los impactos negativos al medio ambiente, a través de la aplicación correcta del manejo integral de residuos.

III. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).

El reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR), en sus artículos 11 y 12, establece los criterios básicos que las normas oficiales mexicanas tienen que seguir en lo que se refiere a planes de manejo para residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de determinar el plan de manejo más apropiado y la elaboración de listados de los residuos sujetos a estos planes según las características de los desechos y sus mecanismos de control.

En el título II “Planes de Manejo” se establecen las modalidades de los planes, quiénes están obligados a su elaboración e implementación, así como los fines que persigue la elaboración de dichos planes.

IV. Proyecto de norma referente a los Planes de Manejo (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011).

Establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo, el listado de los mismos, así como los elementos y procedimientos para la formulación de dichos planes.

La LGPGIR busca evitar la generación de residuos, maximizar la valoración de los que no se puedan evitar, dejando como última opción la disposición final de los residuos. Se debe tener en cuenta que la generación de residuos puede considerarse como un indicador del desperdicio de recursos, por lo que la legislación está orientada a la minimización de dicha generación mediante la aplicación de planes de manejo.

Es por ello que el objetivo de este proyecto de Norma es conducir a reducir la generación, a incrementar el aprovechamiento y a disminuir la disposición final de los residuos, con los beneficios ambientales, económicos y sociales correspondientes.

Dentro de los objetivos de este proyecto está el establecer los criterios para determinar los residuos de manejo especial que estarán sujetos a plan de manejo y el listado de los mismos, así como establecer los elementos y procedimientos para la elaboración de los planes de manejo para los RME.

Como se puede observar, este proyecto de norma establece todos los criterios referentes a planes de manejo, desde los residuos que están sujetos a ellos, los objetivos que debe perseguir el plan, la información que deberán contener, así como la presentación y registro de los planes.

En su artículo quinto transitorio establece que una vez que la norma entre en vigor, los sujetos obligados deberán formular y presentar ante la autoridad competente el Plan de Manejo correspondiente en un plazo máximo de cinco años a partir de su presentación, por lo que es importante que las empresas que aun no cuentan con un plan de manejo comiencen a preocuparse por este aspecto.

V. Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro (LPGIREQ).

Dado que el trabajo de campo se realizó en el estado de Querétaro, se considera necesario tomar en cuenta su legislación en materia de residuos.

Esta Ley tiene por objeto regular la prevención de la generación, el aprovechamiento del valor y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que no estén expresamente atribuidos a la Federación, la prevención de la contaminación y la remediación de suelos contaminados con residuos, de conformidad con lo que establece la LGPGIR (LPGIREQ, 2004).

Se rige fundamentalmente por lo que establece la LGPGIR, tomando en cuenta los puntos de: procurar la reincorporación al ciclo productivo de los materiales o sustancias reutilizables o reciclables, el fomento al desarrollo y uso de tecnologías, métodos, prácticas, procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización y reaprovechamiento de residuos, siendo la disposición final la última opción a realizar una vez que se hayan agotado las opciones de aprovechamiento o tratamiento.

Busca que los sistemas de gestión sean adecuados a las necesidades y circunstancias particulares de cada municipio, además de ser ambientalmente eficientes, económicamente viables y socialmente aceptables; sin olvidar que los generadores son los responsables de sus residuos en todo su ciclo de vida, y aunque transfieran esta responsabilidad a servicios públicos o privados, ellos deben asegurarse de que dichas empresas realicen un buen manejo.

VI. Reglamento de la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro (RLPGIREQ).

Este reglamento hace hincapié en la reducción de la generación de residuos en la fuente, así como su valorización para poder re utilizarlos o reciclarlos. De no ser posible su aprovechamiento inmediato, los residuos deberán someterse a un tratamiento, dejando como última opción la disposición final en rellenos sanitarios.

Establece que los generadores de RME y grandes generadores de RSU deben realizar un manejo integral de sus residuos, siendo responsables de ellos desde la etapa de generación hasta la de disposición final. Éstos generadores deberán llevar un registro de los residuos que generan, su forma de manejo y disposición final mediante bitácoras y manifiestos conforme lo establezca la secretaría estatal.

Establece las características que deben tener los sitios de almacenamiento temporal dentro de las instalaciones de los grandes generadores. Destinando un período máximo de almacenamiento de RME de 180 días naturales y de tres días en el caso de residuos orgánicos putrescibles.

También establece las generalidades del manejo de residuos dentro del estado de Querétaro, como la separación de los residuos orgánicos putrescibles del resto de los residuos y los lineamientos que deben seguir las empresas prestadoras de servicios.

Respecto a la clasificación de los RME y los planes de manejo, el reglamento hace referencia a los listados que se encuentran en las normas oficiales mexicanas correspondientes, las cuales, como ya se mencionó, actualmente están en desarrollo.

Como puede apreciarse, las normas tanto federales como del estado de Querétaro, se preocupan principalmente por la adecuada gestión de residuos tomando en cuenta todas las etapas de su manejo, enfocándose principalmente en la minimización en la generación y la valorización para poder reintegrar los residuos a la cadena productiva, ya sea a través de la reutilización o del reciclaje.

2.2. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.

I. Introducción.

En una sociedad en crecimiento tecnológico, la generación de residuos sólidos comienza con los procesos productivos que proporcionan los bienes y productos que consumimos en la actualidad. Iniciando con los sobrantes de la materia prima que no entrarán a los procesos de manufactura, siguiendo con los residuos generados en cada uno de los procesos que transformarán la materia prima en bienes de consumo. Esto se ilustra en la figura 2.1.

Los residuos urbanos e industriales han evolucionado a lo largo del tiempo, tanto en volumen como en composición, resultado del crecimiento poblacional, los patrones de consumo, nuevas sustancias y productos que ingresan al mercado, entre otros. Tal es el caso del exceso de residuos de plástico proveniente del incremento en empaques y embalajes.

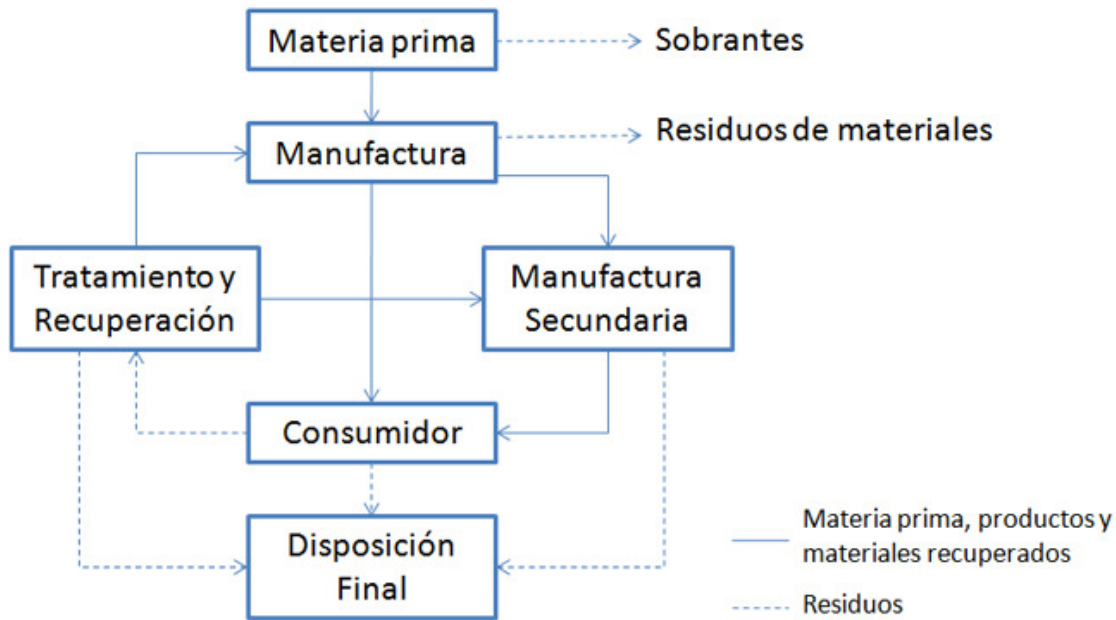


Figura 2.1 - Diagrama de flujo de la generación de residuos sólidos en una sociedad tecnológica (Tchobanoglous, 1993).

II. Gestión de residuos.

i. Definición.

La gestión de residuo puede definirse como el conjunto de acciones asociadas al control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, tratamiento y disposición final de los residuos, de acuerdo a los principios de salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y otras consideraciones ambientales (Tchobanoglous, 1993).

La legislación mexicana define la Gestión Integral de Residuos como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

ii. Elementos de un sistema de manejo de residuos.

Los problemas asociados con el manejo de residuos sólidos en la actualidad son complejos debido a la cantidad y diversidad de los residuos generados, el crecimiento de las zonas

urbanas, las limitaciones de servicios públicos, los impactos tecnológicos y las emergentes limitaciones de energía y materia prima. Por lo tanto un sistema de manejo de residuos debe ser eficiente y ordenado, con aspectos específicos que se interrelacionen entre sí.

Las seis actividades más importantes asociadas al manejo de residuos son:

- 1) Generación.
- 2) Manejo, separación, almacenamiento y tratamientos en la fuente.
- 3) Recolección.
- 4) Separación, tratamiento y transformación de los residuos.
- 5) Transferencia y transporte.
- 6) Disposición.

Considerando estos elementos por separado se pueden identificar aspectos fundamentales que hay entre cada uno y la relación que hay entre todos. También permite desarrollar posibles indicadores cuantificables que relacionen los elementos entre sí, con el propósito de poder hacer comparaciones, análisis y evaluaciones.

El diagrama presentado en la figura 2.2 muestra la interrelación que existe entre los elementos fundamentales de un sistema de manejo de residuos:

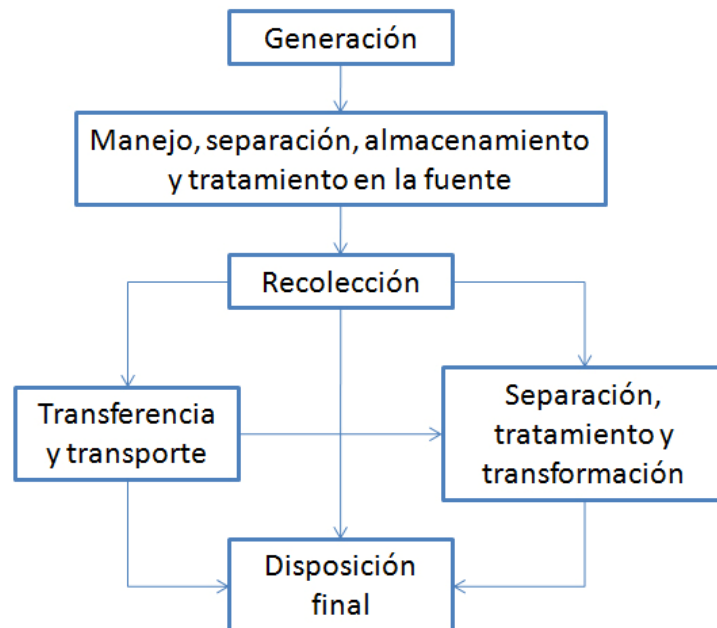


Figura 2.2 - Diagrama simplificado que muestra la relación entre los elementos de un sistema de manejo de residuos (Tchobanoglous, 1993).

- **Generación.**

Es la acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo. Los sitios de generación pueden estar ligados tanto a las actividades humanas como a la ocurrencia de fenómenos naturales.

La etapa de generación abarca las actividades en las que se identifican los materiales que carecen de valor para el dueño o proceso productivo por lo que se les consideran innecesarios, durante esta identificación se debe tener el control adecuado para poder identificar todos los residuos, sus características y posibles medidas de reducción.

- **Manejo, separación, almacenamiento y tratamiento en la fuente.**

Involucra todas las actividades que se realizan con los residuos desde su generación hasta salir de la fuente de origen (casas, negocios, oficinas, fábricas, etc.). Es el mejor lugar para llevar a cabo una separación de los residuos que pueden ser reutilizados, reciclados o vendidos.

- **Recolección.**

Se define como la acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final. La recolección selectiva permite la separación de materiales valorables contenidos en los residuos.

Esta etapa involucra la reunión de los residuos y materiales reciclables (previamente separados) y su transporte hacia el lugar designado para vaciar los contenedores o vehículos. Este lugar puede ser una estación de transferencia, un sitio de disposición o una planta de tratamiento.

En el caso de las industrias, algunos de sus residuos son considerados como Residuos Sólidos Urbanos (RSU) por lo que se disponen de la misma manera. Otros son vendidos o manejados por empresas subcontratadas, por lo que el servicio de recolección en las industrias debe satisfacer las necesidades particulares de cada una.

- **Separación, tratamiento y transformación de los residuos sólidos.**

La separación es la acción de segregar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial de acuerdo a las diferentes categorías previamente establecidas.

El tratamiento consiste en procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.

Generalmente ocurre en instalaciones lejos de la fuente de generación. En el caso de la separación se busca recuperar materiales que poseen algún valor ya sea económico o como materia prima para algún proceso. En el caso de los tratamientos se pueden tener tanto físicos como aquellos que involucran alguna transformación para reducción de volumen y peso o para generar energía.

- **Transferencia y transporte.**

La transferencia se refiere a mover los residuos de contenedores pequeños a otro de mayor tamaño para su transporte. La etapa de transporte se enfoca en trasladar esos contenedores con residuos a un lugar de tratamiento o disposición.

- **Disposición.**

Es la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Actualmente, en México, la disposición de los residuos se lleva a cabo en rellenos sanitarios. Detrás de ellos hay aspectos de ingeniería y planeación cada vez más estrictos y controlados para asegurar su buen funcionamiento y mejores condiciones de trabajo. Pero como se requieren grandes extensiones de terreno y tienen un tiempo de vida útil limitado es importante reducir la cantidad de residuos que llegan a ellos.

III. Gestión integral de residuos sólidos.

Se puede definir como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías, programas de planeación y manejo adecuados para alcanzar metas y objetivos específicos (Tchobanoglous, 1993).

Un programa o sistema de gestión integral de residuos sólidos debe desarrollarse con elementos jerarquizados que se interrelacionan y complementan entre sí, para lograr que cada etapa se desarrolle lo mejor posible. Las jerarquías más comúnmente usadas a nivel internacional son: reducción en la fuente, reciclaje, tratamiento y disposición, pudiendo incluir algunos elementos extras como reutilización o prevención.

La ventaja de trabajar con un sistema jerarquizado es que no se pasa a la siguiente etapa hasta que se asegura que no hay más que hacer en la etapa anterior. Por ejemplo: el reciclaje solo puede ser considerado cuando se ha hecho todo lo posible por reducir la

cantidad de residuos generados en la fuente. Del mismo modo, solo se puede pensar en los tratamientos después de haber obtenido el mayor índice de reciclaje posible.

Para desarrollar e implementar un sistema integral de residuos sólidos se debe tener una visión local, enfocada en comunidades, ciudades o empresas; seleccionando la mezcla adecuada de alternativas y/o tecnologías, la flexibilidad para adaptarse a futuros cambios y la necesidad de monitoreo y evaluación constante, mientras se siguen los lineamientos legales establecidos por cada localidad.

En el caso de este trabajo, el desarrollo de la metodología para la gestión integral de residuos está enfocada en el giro metalmeccánico automotriz, siendo los planes de manejo una parte clave.

2.3. PLANES DE MANEJO.

I. Panorama internacional.

i. Objetivos.

- **Reducción y Aprovechamiento.**

A nivel internacional los planes de manejo de residuos se enfocan en la reducción de su generación en la fuente, ya sea mediante modificaciones en los procesos productivos, utilización de tecnología limpia, políticas administrativas, cambios en la materia prima empleada, o cualquier otra estrategia que promueva una reducción en la generación de residuos y/o maximice el aprovechamiento de la materia prima.

- **Recuperación de materiales para su reciclaje o reproceso.**

Esto se lleva a cabo mediante la adecuada caracterización y separación de los residuos desde su generación, para evitar que se mezclen o contaminen. Asegurando con esto un mayor aprovechamiento de los residuos, permitiendo seleccionar de manera individual el proceso o tratamiento al que serán sometidos para su recuperación y posterior reincorporación a la cadena productiva.

- **Reducir los impactos ambientales producidos por los residuos.**

El mal manejo o disposición inadecuada de los residuos conlleva a la contaminación del suelo, cuerpos de agua e incluso a la emisión de contaminantes a la atmósfera en el caso

de incendios. Sin embargo, algo que se considera como “buen manejo de residuos” también puede ocasionar daños al ambiente, como los productos de los rellenos sanitarios: lixiviados y biogás, los cuales deben controlarse de forma estricta para reducir sus impactos negativos al ambiente.

Es por ello que uno de los beneficios de una correcta planeación y ejecución de planes de manejo que se enfocan en la reducción, reutilización y reciclaje de residuos, es la disminución en la cantidad de residuos que llegan a rellenos sanitarios e incineradores, minimizando también los impactos asociados a esas prácticas.

Lo descrito anteriormente puede resumirse en el diagrama que se muestra en la figura 2.3:



Figura 2.3 - Diagrama de la gestión integral de residuos sólidos. Adaptado de (Tchobanoglous, 1993).

ii. Componentes.

- Definición y clasificación de residuos generados por la empresa.
- Inventario de los residuos incluyendo tipo, volumen y fuente de generación.
- Instalaciones para el manejo de residuos:
 - Descripción de sitios de almacenamiento temporal, considerando las características requeridas por tipo de residuo.
- Manejo de residuos orgánicos y sólidos no peligrosos:
 - Recolección.
 - Establecimiento de un calendario de recolección, con base en los volúmenes de generación y tipos de residuos.

- Almacenamiento temporal.
 - Establecimiento de un calendario de inspecciones a los sitios de almacenamiento, para asegurar las buenas condiciones del área y la correcta separación de residuos.
- Manipulación.
- Transporte.
- Tratamiento/Disposición.
- Manejo de residuos peligrosos.
 - Recolección.
 - Almacenamiento temporal.
 - Disposición.
- Estrategias de capacitación al personal.
- Retroalimentación por parte de los empleados en cuanto a las estrategias de manejo de residuos.

II. *Panorama Nacional.*

Con la entrada en vigor de la LGPGIR y su reglamento se introdujo el concepto de Plan de Manejo, el cual pretende ofrecer un panorama de la gestión de los residuos que favorezca su reducción y valorización.

Los siguientes puntos se mencionan de acuerdo a lo que establece la legislación nacional:

i. Definición.

Es un instrumento de gestión que permite diseñar y controlar de una manera flexible el manejo integral de los residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos, mediante propuestas de manejo eficientes que minimicen su generación y prioricen la valorización de los mismos. Desde el punto de vista de los generadores el llevar a cabo un Plan de Manejo adecuado puede significar la reducción de costos asociados al manejo de sus residuos, e incluso ingresos en el caso de valorizar subproductos y residuos usualmente desechados.

La LGPGIR define los Planes 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, así como a los tres niveles de gobierno (LGPGIR, 2003).

ii. Fines y Objetivos.

De acuerdo a la LGPGIR los Planes de Manejo se establecen para cumplir con los siguientes fines y objetivos (LGPGIR, 2003):

- *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;*
- *Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan;*
- *Atender a las necesidades específicas de ciertos generadores que presentan características peculiares;*
- *Establecer esquemas de manejo en los que aplique el principio de responsabilidad compartida de los distintos sectores involucrados, y*
- *Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible.*

Se pueden agregar un par de objetivos más, de acuerdo a lo establecido en el reglamento de la Ley de gestión de residuos del estado de Querétaro (RLPGIREQ, 2006):

- *Realizar la separación en la fuente y la recolección separada de residuos;*
- *Fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos, con el objeto de reducir el volumen de los residuos que actualmente van a disposición final.*

iii. Modalidades.

El reglamento de la LGPGIR establece que los planes de manejo para residuos se podrán establecer en una o más de las siguientes modalidades (RLGPGIR, 2006):

- I. *Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos, podrán ser:*
 - a. **Privados**, los instrumentados por los particulares que conforme a la Ley se encuentran obligados a la elaboración, formulación e implementación de un plan de manejo de residuos, o
 - 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, o
 - 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, y
 - c. **Locales**, cuando su aplicación sea en un solo estado, municipio o el Distrito Federal.

- IV. *Atendiendo a la corriente del residuo.*
 - iv. Sujetos obligados a presentar planes de manejo.

La LGPGIR, en su artículo 28 establece que estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, los siguientes (LGPGIR, 2003):

- 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.*

Respecto a quienes están obligados a cumplir con la norma que se encuentra en fase de proyecto de NOM referente a planes de manejo se encuentran (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011, 2011):

- **Grandes Generadores de residuos de manejo especial** (incluyendo a los grandes generadores de residuos sólidos urbanos, de residuos de manejo especial de procesos productivos y de productos que al desecharse se convierten en residuos de manejo especial).
- **Productores, importadores, exportadores, comercializadores y distribuidores de productos que al desecharse se convierten en residuos de manejo especial.**
- **Autoridades (Entidades Federativas) que intervengan en los procesos establecidos en la presente norma.**

v. Residuos sujetos a Planes de Manejo.

La LGPGIR establece que 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 (LGPGIR, 2003):

- 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.*

En el Proyecto de Norma se indica que para que un residuo de manejo especial se encuentre sujeto a un plan de manejo, deberá cumplir con los criterios que se detallan a continuación y estar en el listado de la presente Norma (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011, 2011).

- *Que sea un residuo de manejo especial.*
- *Que el residuo como tal o los materiales que lo componen tengan un alto valor económico para el generador o para un tercero, es decir, que genere un beneficio en su manejo integral, a través de la reducción de costos para el generador o que sea rentable para el generador o para el tercero, con base en las posibilidades técnicas y económicas del residuo para:*
 - a. *Su **aprovechamiento** mediante su reutilización, re manufactura, rediseño, reciclado o recuperación de materiales secundarios o de energía.*
 - b. *Su **valorización** o coprocesamiento a través de su venta o traslado a un tercero.*
 - c. *La **recuperación** de sus componentes, compuestos o sustancias.*
- *Cuando se trate de un residuo de alto volumen de generación, lo que implica que el residuo generado represente al menos el 10% del total de los residuos de manejo especial, incluidos en el Diagnóstico Básico Estatal para la Gestión Integral de Residuos; únicamente para efectos del cálculo anterior no se consideraran los residuos de la construcción; y que sea generado por un número reducido de generadores, esto es, que el 80% del mismo, sea generado por el 20% o menos, de los generadores.*
- *Que con base en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, o en un Estudio Técnico-Económico se demuestre que se cuenta con la infraestructura necesaria para manejar el residuo, y que por sus características y cantidad generada, se requiera facilitar su gestión o mejorar su manejo en todo el país.*

Listado de residuos de manejo especial sujetos a presentar Plan de Manejo

I. *Los siguientes residuos de servicios de salud, generados por un gran generador en centros médico -asistenciales:*

- *Papel y cartón.*
- *Ropa clínica, ropa de cama y colchones.*
- *Plásticos.*
- *Madera.*
- *Vidrio.*

II. *Los residuos agrolásticos generados por las actividades intensivas agrícolas, silvícolas y forestales.*

III. *Los residuos orgánicos de las actividades intensivas avícolas, ganaderas y pesqueras.*

IV. *Los residuos de las actividades de transporte federal, que incluye servicios en los puertos, aeropuertos, centrales camioneras y estaciones de autotransporte y los del transporte público, que incluye a los prestadores de servicio que cuenten con terminales, talleres o estaciones, que se incluyen en la lista siguiente y que se generen por un gran generador en una cantidad mayor a 10 toneladas al año por residuo o su equivalente:*

- *Envases metálicos.*
- *Envases y embalajes de papel y cartón.*
- *Envases de vidrio.*
- *Envases de tereftalato de polietileno (PET).*
- *Envases de poliestireno expandido (unicel).*
- *Bolsas de polietileno.*
- *Tarimas de madera.*

V. *Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales:*

- *Aquellos que se generen por un gran generador en una cantidad mayor a 100 toneladas anuales o su equivalente.*

VI. *Los residuos de las tiendas departamentales o centros comerciales, que se incluyen en la lista siguiente y que se generen en una cantidad mayor a 10 toneladas al año por residuo o su equivalente:*

- *Envases metálicos.*
- *Envases y embalajes de papel y cartón.*
- *Envases de vidrio.*
- *Envases de Tereftalato de polietileno (PET).*
- *Envases de poliestireno expandido (unicel).*
- *Tarimas de madera.*
- *Residuos orgánicos.*
- *Película de polietileno para embalaje (playo).*

VII. *Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general, que se generen en una obra en una cantidad mayor a 80 m³.*

VIII. *Los productos que al transcurrir su vida útil se desechan y que se listan a continuación:*

a) *Residuos tecnológicos de las industrias de la informática y fabricantes de productos electrónicos:*

- *Computadoras personales de escritorio y sus accesorios.*
- *Computadoras personales portátiles y sus accesorios.*
- *Teléfonos celulares.*
- *Monitores con tubos de rayos catódicos (incluyendo televisores).*
- *Pantallas de cristal líquido y plasma (incluyendo televisores).*
- *Reproductores de audio y video portátiles.*
- *Cables para equipos electrónicos.*
- *Impresoras, fotocopiadoras y multifuncionales.*

b) *Residuos de fabricantes de vehículos automotores:*

- *Vehículos al final de su vida útil.*

c) *Otros que al transcurrir su vida útil requieren de un manejo específico y que sean generados por un generador en una cantidad mayor a 10 toneladas al año y por residuo:*

- *Neumáticos de desecho.*
- *Artículos de plástico como: Politereftalato de etileno (PET), Polietileno de alta y baja densidad (PEAD y PEBD), Policloruro de vinilo (PVC), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS) y Policarbonato (PC).*
- *Bolsas de polietileno.*
- *Envases, embalajes y artículos de Madera.*
- *Envases, embalajes y perfiles de Aluminio.*
- *Envases, embalajes y perfiles de Metal ferroso.*
- *Envases, embalajes y perfiles de Metal no ferroso.*
- *Papel y cartón.*
- *Vidrio.*
- *Ropa, recorte y trapo de algodón.*
- *Ropa, recorte y trapo de fibras sintéticas.*
- *Hule Natural y Sintético.*
- *Envase de Multi-laminados de varios materiales.*
- *Refrigeradores.*
- *Aire acondicionado.*
- *Lavadoras.*

- *Secadoras.*
- *Hornos de micro-ondas.*

vi. Elementos para la formulación de Planes de Manejo.

El proyecto de NOM-161-SEMARNAT-2011 referente a planes de manejo establece que para formular y aplicar los planes de manejo de los residuos de manejo especial sujetos a ellos, se deberá incluir el principio de responsabilidad compartida, que requiere la participación conjunta, diferenciada y coordinada de los actores involucrados en la cadena de valor.

Para mayor claridad se ha hecho una separación en cuanto a la formulación de Planes de Manejo de los grandes generadores de residuos sólidos urbanos, los que corresponden a los grandes generadores de residuos de manejo especial provenientes de procesos productivos, así como los que aplican a los productos post consumo que al desecharse se convierten en residuos de manejo especial, los cuales se han extraído del proyecto de NOM-161-SEMARNAT-2011 y se encuentran en los anexos 1, 2 y 3.

vii. Presentación y registro de los Planes de Manejo.

El proyecto de norma estipula que, una vez formulado el plan de manejo, deberá presentarse ante la Entidad Federativa que corresponda al ámbito territorial de implementación, a través de los formatos que se expidan para los fines y efectos correspondientes. En el caso de los planes de manejo bajo la modalidad Nacional y Regional, deberán adicionalmente presentarse ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Tomando como referencia los conceptos presentados en este capítulo, se presentará el caso de estudio, el cual se trata en el capítulo cuatro y es la base para establecer la metodología general para la gestión de residuos de manejo especial del sector metalmecánico automotriz.

3. INDUSTRIA METALMECÁNICA

En este capítulo se presenta de forma general el entorno en el que se encuentra la empresa en estudio, que es la industria metalmecánica. Se realiza una breve descripción de los procesos que se llevan a cabo y los residuos que se generan en estas industrias.

3.1. INTRODUCCIÓN.

La manufactura de la industria metalmecánica está basada en la transformación de materias primas y en la elaboración de productos mediante la aplicación de procesos propios. La complejidad del diseño y su desarrollo dentro del proceso productivo, junto con la aplicación de tecnología en maquinaria y el conocimiento aportado por ingenieros, técnicos y operarios, incrementado por la experiencia e impulsado por las estrategias administrativas, son las bases del crecimiento y competitividad de este subsector (DAMA).

Las actividades que engloba son tan amplias que incluye la producción de artículos metálicos por fundición o moldeo, la producción de artículos mediante procedimientos como: troquelado, embutido, forjado, corte, maquinado, entre otros. El ensamble y producción de maquinaria y equipos para diversas industrias, uso comercial, uso doméstico, así como instrumental médico y quirúrgico. Destacando las actividades de ensamble y producción de partes y accesorios de todo tipo de equipo de transporte: automotores, aeronaves, embarcaciones y ferrocarriles (INEGI, 1999).

Dentro de los seis subsectores que conforman la industria metalmecánica, el que presenta mayor producción bruta y que genera mayor cantidad de empleos es el de la fabricación de equipos de transporte. Destacando que la rama productiva con mayor impacto es la referente a fabricación de partes para vehículos automotores, siendo la que tiene mayor personal ocupado así como mayores gastos y consumos de energía eléctrica, envases y empaques, combustibles y lubricantes (INEGI, 2009).

3.2. DEFINICIÓN Y GENERALIDADES.

Las empresas que son parte de esta industria, transforman la materia prima mediante procesos mecánicos, con o sin el arranque de viruta, cambiando su forma geométrica. En muchas empresas sigue un acabado de la superficie de la pieza (Comisión Nacional Metropolitana, 1997).

Las ramas de producción de esta industria incluyen, entre otras:

- Fabricación y ensamble de maquinarias y equipos.
- Industria automotriz y autopartes.
- Fabricación de aparatos eléctricos.
- Embalajes.
- Aparatos y accesorios de uso doméstico.
- Bienes de consumo.
- Herrajes.

Este tipo de empresas presentan los siguientes componentes comunes en sus procesos:

- Utilización de insumos manufacturados.
- Transformación de metales.
- Utilización de equipos y maquinaria especializada.
- Utilización de estructuras y áreas grandes.
- Demanda elevada de energía y combustibles.
- Empleo de personal calificado.

Sus insumos, además de las materias primas de metales, son materiales auxiliares como aceites, solventes y emulsiones especiales.

Los procesos, insumos, maquinaria y residuos generados por esta industria no han variado considerablemente a lo largo de los últimos años, debido a la evolución relativamente lenta de los métodos de producción y costos de la maquinaria empleada (EPA, 1995).

3.3. TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS.

Para tener una mayor comprensión de los pasos que se llevan a cabo dentro de las industrias metalmeccánicas, en la figura 3.1 se muestra un diagrama de flujo general sobre los procesos productivos; incluyendo, de forma general, materias primas, insumos y equipos que son requeridos en las diferentes etapas de los procesos, así como algunos de los residuos generados.

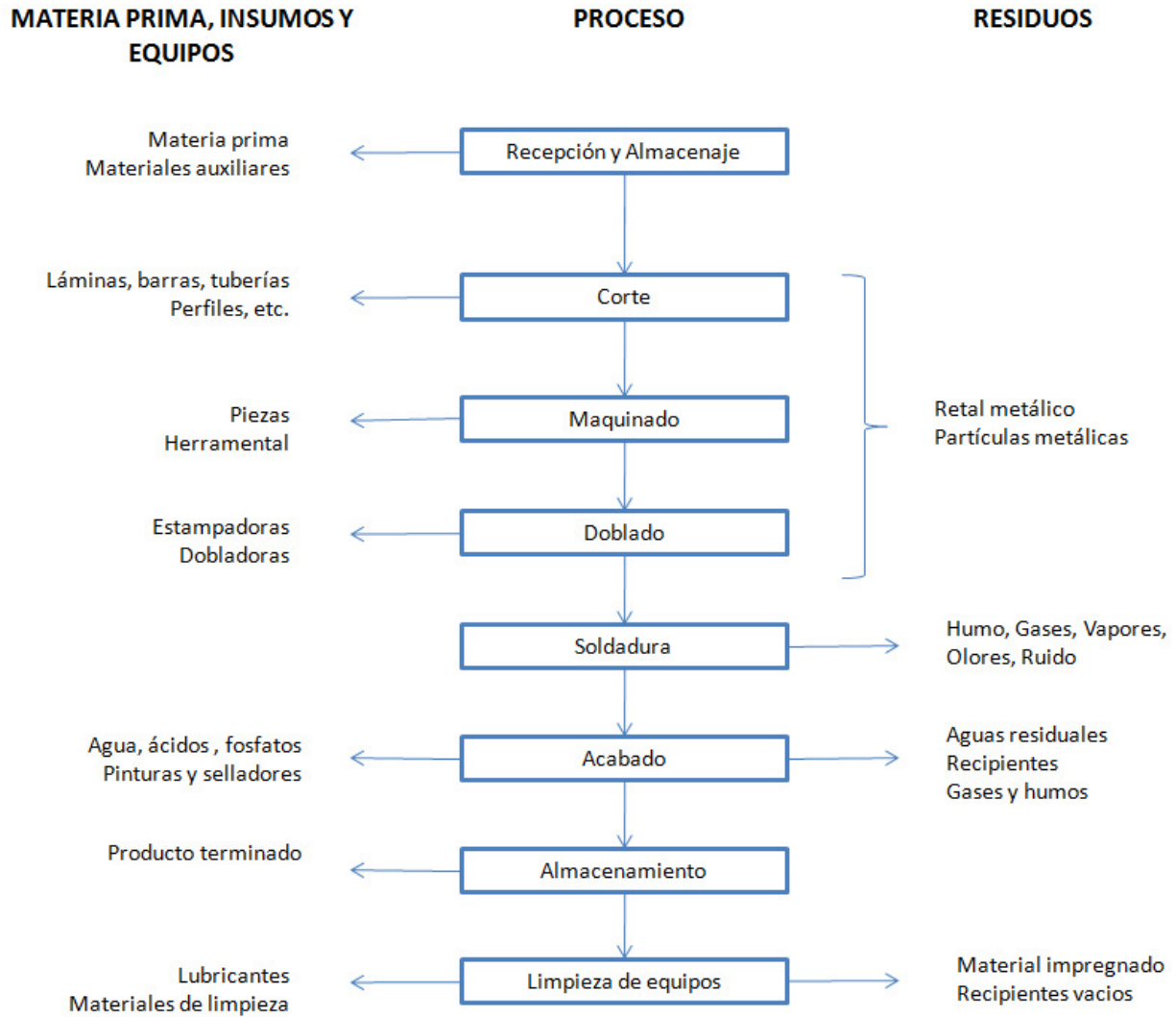


Figura 3.1 - Diagrama de flujo del proceso productivo de la industria metalmeccánica.

Fuente – Adaptado de: Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (**DAMA**). Bogotá, Colombia.

Es importante mencionar que tanto las etapas de los procesos, los insumos, maquinaria y residuos, varían dependiendo de cada empresa; por lo que este diagrama de flujo representa solo un panorama general de lo que sucede en estas industrias.

En la tabla 3.1 se presenta un resumen de los diferentes tipos de residuos comúnmente generados en este sector.

Dependiendo del tipo de instalaciones que tenga cada empresa, se pueden encontrar otro tipo de residuos como: restos de comida, residuos de jardinería, residuos sanitarios y papel de oficina, entre otros.

Tabla 3.1 - Tabla resumen de los residuos generados en la industria metalmeccánica.

Almacenamiento	Manufactura
Material de empaques y embalajes (plástico, papel, cartón, unice, etc.)	Residuos de metal (rebabas, chatarra, polvo, sobrantes)
Envases vacíos (con restos del material contenido)	Aceites hidráulicos, lubricantes y de corte gastados
Tambores metálicos y plásticos	Aguas residuales
Material impregnado	Solventes gastados
Material de producción caducado	Material impregnado
	Lodos (del proceso y del tratamiento de aguas residuales)
	Residuos comunes (papel, plástico, cartón, etc.)

Fuente – Adaptado de: (EPA, 1995), (Comisión Nacional Metropolitana, 1997).

Varios de estos residuos son valorizables y se puede obtener algún beneficio económico de ellos, si se les maneja de forma adecuada.

3.4. MANEJO DE RME PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA A NIVEL INTERNACIONAL.

Las agencias y ministerios ambientales alrededor del mundo promueven políticas de utilización eficiente de recursos, así como de reducción, reutilización y reciclaje (3Rs) de los residuos generados por todo tipo de industrias manufactureras, incluyendo las de tipo metalmeccánico.

Con esto, pretenden disminuir los impactos negativos al medio ambiente y fomentar la visión de que los residuos no solamente son contaminantes, sino que también pueden ser recursos potencialmente explotables.

En el caso de la Unión Europea (Commission of the European Communities, 2005), pretende coordinar las estrategias de cada país para que todos tengan como objetivos disminuir la presión en el medio ambiente y promover el reciclaje de los residuos. Esta organización espera que más adelante se puedan tener objetivos cuantitativos de reciclaje dependiendo de las características de cada material y de sus posibles aplicaciones.

Por su parte, Estados Unidos (EPA), también plantea estrategias para aprovechar los diferentes tipos de residuos generados por la industria, ya sea que se trate de residuos comunes como el papel, plástico y cartón o que sean residuos más específicos como los metales o los provenientes de la construcción y demolición.

En Japón (Japan Ministry of Environment, 2001), la Ley para la promoción de la utilización eficaz de recursos establece que la industria metalmeccánica automotriz debe reducir la generación de residuos, enfocándose en el uso racional de recursos naturales y la utilización de material reciclado en sus procesos productivos.

Tomando como base la tabla 3.1, se puede ver que la mayoría de los RME generados en la industria metalmeccánica son considerados de forma individual por las agencias ambientales de diversos países, por lo que en general son tratados como residuos con potencial de valorización y aprovechamiento. Por lo tanto, las industrias que los generan deben manejarlos tomando en cuenta los principios de las 3Rs, para así cumplir con las metas que cada país se ha propuesto en cuanto a aprovechamiento y buen manejo de residuos.

Por otra parte, el separar estos residuos desde su generación y destinarlos a la reutilización o reciclaje, puede acarrear beneficios económicos si se venden a otras empresas como materia prima para otros procesos productivos o para reciclaje.

Considerando lo anterior, se aprecia que la gestión integral de RME en la industria metalmeccánica representa un área de oportunidad para contribuir al buen manejo de residuos a nivel nacional, lo que a su vez sigue las tendencias de manejo propuestas en otros países. Por ello, la empresa seleccionada como caso de estudio pertenece al sector metalmeccánico automotriz y es la base para el desarrollo de una metodología para la gestión integral de residuos de manejo especial en ese sector industrial.

4. CASO DE ESTUDIO

Como ya se mencionó anteriormente, la empresa en estudio pertenece a la industria metalmecánica, teniendo como sector de trabajo el automotriz, específicamente la fabricación de partes del sistema de transmisión para vehículos automotores.

En este capítulo se muestra un diagnóstico de la forma de manejo de los RME generados, concluyendo con las propuestas de mejores prácticas que se sugieren a la empresa.

4.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA.

Sus instalaciones pueden dividirse en seis secciones:

1) Zonas sin maquinado.

Las cuales comprenden: áreas administrativas; centro de capacitación; taller de herramientas; distribución de refacciones; áreas de almacenamiento; embarque; planta de tratamiento de agua; comedor; áreas verdes y zonas recreativas.

2) Forja.

Provee materia prima forjada a las tres plantas para operaciones de maquinado.

3) Planta 1.

Aquí se lleva a cabo la manufactura de ensamblajes, componentes y partes para todos los tipos de sincronizadores, así como el maquinado de fundiciones (campanas, cajas y extensiones) que llegan de forma externa.

4) Planta 2.

Se encarga de la manufactura de flechas (principal entrada y tren de engranaje).

5) Planta 3.

Realiza la manufactura de engranes para transmisiones, componentes misceláneos como: barras horquillas; conos y engranes para aplicaciones de refacciones.

6) Ensamble.

Las piezas que se manufacturan en las tres plantas llegan a esta área para ser ensambladas y empacadas.

Descripción de los procesos productivos.

La figura 4.1 muestra el diagrama de flujo general de los procesos productivos que se llevan a cabo en la empresa; el cual se desglosa de forma más detallada para obtener una mayor comprensión de lo que sucede dentro de la empresa y así identificar las fuentes generadoras de residuos dentro de los distintos procesos de producción.

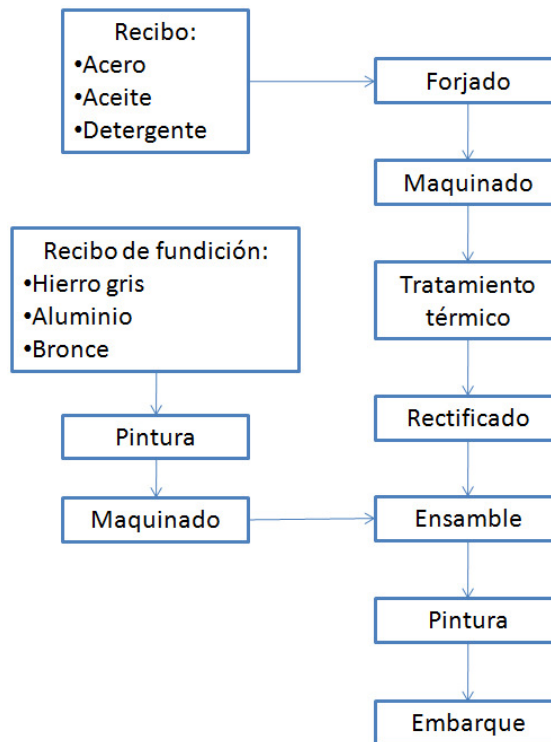


Figura 4.1 - Diagrama de flujo general del proceso productivo de la empresa.

- **Recibo de material.**

En el área principal de recibo llegan, en promedio, 1400 toneladas de acero por mes, de aproximadamente 40 tipos diferentes. En otra área de menor tamaño, se reciben 1.5 millones de partes de fundición.

El material pasa por diversas inspecciones antes de entrar a las líneas de producción.

- **Forjado.**

En esta etapa se realiza el corte de las barras de acero de acuerdo al tamaño requerido para las diferentes piezas a producir. Con las partes seccionadas de acero se alimentan los

hornos de calentamiento, que al alcanzar la temperatura adecuada se someten al proceso de forjado. Después de la deformación plástica del material, pasan a una etapa de “normalizado” donde la pieza libera esfuerzos y retoma su estructura interna.

Cuando las piezas están frías, pasan a un proceso de limpiado y esmerilado, para darles el acabado necesario antes de ser enviadas a maquinado.

- **Maquinado.**

En este proceso intervienen diversas máquinas para producir los juegos de engranes, flechas, mazas, collarines y el desbaste de cajas de aluminio y hierro gris para elaborar los diferentes productos. Los procesos de esta etapa son: torneado, chaflanado, estirado, rectificando, barrenado, rebabado y desbarbado. Todos ellos empleados para dar las dimensiones y características específicas que requiere cada pieza.

- **Tratamiento térmico.**

Para que las piezas tengan las características mecánicas requeridas, son sometidas a tratamientos térmicos, iniciando con un lavado para quitar los aceites solubles y de corte que permanecen en ellas y así poder entrar en los hornos de cementación y después a las tinas de templado.

Para liberar los esfuerzos residuales internos, pasan por un proceso de revenido, donde se calientan nuevamente de forma más pausada, para finalmente darles tratamiento superficial.

- **Pintura.**

Previo a la aplicación de pintura, en algunas piezas se aplica un baño de fosfatizado con el fin de preparar la superficie metálica. La pintura puede aplicarse ya sea sumergiendo las piezas en tinas o pintándolas en cabinas. Posteriormente se dejan secar, ya sea al aire libre o en hornos, dependiendo del tipo de pintura aplicada.

- **Ensamble.**

Todas las piezas procesadas en las diferentes áreas de la planta, así como algunos componentes que se encuentran en almacén, son enviados a ensamble; donde se cuenta con diez líneas que se encargan de unir todo para obtener los productos terminados. Una vez ensambladas son enviadas al área de embarque donde se tiene un inventario máximo de siete días.

I. Residuos generados.

Por ser una empresa de grandes dimensiones, que cuenta con diversas áreas además de las de maquinado, genera gran variedad de residuos, los cuales se agruparán de la siguiente forma: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP), poniendo especial atención en los RME que son el objeto de este estudio.

- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU).**

En esta categoría entran los residuos similares a los domiciliarios que no pueden ser valorizados y que no se producen en grandes cantidades como para ser considerados RME. Entre ellos se tienen los residuos sanitarios, los generados en el área de oficinas y los recolectados de los contenedores de las áreas comunes.

- **Residuos de Manejo Especial (RME).**

Dado que es una empresa metalmecánica, lo que más generan son residuos metálicos en diferentes presentaciones, ya sea como rebabas, sobras de la materia prima, polvos, materiales o herramientas que ya no se encuentran en condiciones de uso.

También hay residuos que no se generan con la misma frecuencia, como los de la construcción y demolición, vehículos y maquinaria. En la tabla 4.1 se puede ver una lista de los principales RME generados.

Tabla 4.1 – Tabla que muestra los principales RME generados en la empresa.

Desperdicios	Rebabas	Chatarra	Orgánicos	Otros
Canal de acero	Aluminio	Aluminio	Putrescibles	Polvo de granalla
Herramental de forja	Acero	Acero HT	Jardinería	Herramientas de corte
Herramental de corte	Hierro gris	Maquinaria obsoleta	Lodos	Contenedores de metal
Forja	Bronce	Acero rápido		Latas de refrescos
Acero vario		Acero pesado		Plástico
Fierro		Hierro gris		Madera
Material obsoleto		Transmisiones		Abrasivo
		Racks metálicos		Malla
				Láminas
				Cartón

- **Residuos Peligrosos (RP).**

El 59% de sus RP son lodos aceitosos y los principales generadores son:

- Residuos de lavadoras.

- Agua aspirada de charolas.
- Solubles que están contaminados con aceite hidráulico (fugas internas de máquinas).
- Fugas del soluble al piso aceitoso.

El 24% corresponde a material impregnado de aceite, estos materiales pueden ser estopas, trapos, guates de trabajo, entre otros. En la tabla 4.2 se muestra una lista con los principales RP generados en la empresa.

Tabla 4.2 – Listado de los principales RP generados en la empresa.

Contenedores no metálicos	Contenedores metálicos	Varios	Lodos
Grasas	Aerosoles	Solventes usados	Aceitosos
Aceites	Pintura	Natas de pintura	De fosfatizado
Pinturas	Pegamentos	Aceite usado	
Solventes	Grasas	Baterías	
Aerosoles		Material impregnado	
Selladores		Lámparas fluorescentes	
Adhesivos			
Activadores			
Silicones			

4.2. MANEJO ACTUAL DE LOS RME GENERADOS EN PRODUCCIÓN.

En la figura 4.2 se presenta el diagrama de flujo de la forma en que se manejan actualmente los RME generados en las áreas de producción de la empresa. Para tener una mejor comprensión de cada una de las etapas, a continuación se da una breve explicación de cada una.

En el caso de los residuos generados en las otras áreas de la empresa, su manejo se realiza dependiendo de la fuente de generación y el tipo de residuo. En el apartado 4.3 se da una explicación del manejo de esos residuos.

I. Generación.

Los RSU se generan en todas las áreas de la empresa, por lo que todas ellas cuentan con contenedores diferenciados para evitar que se mezclen con el resto de los residuos.

En cuanto a los RME, se pueden dividir la generación en dos partes: la que tiene que ver con la manufactura y la que se origina por el resto de actividades que se llevan a cabo en la empresa.

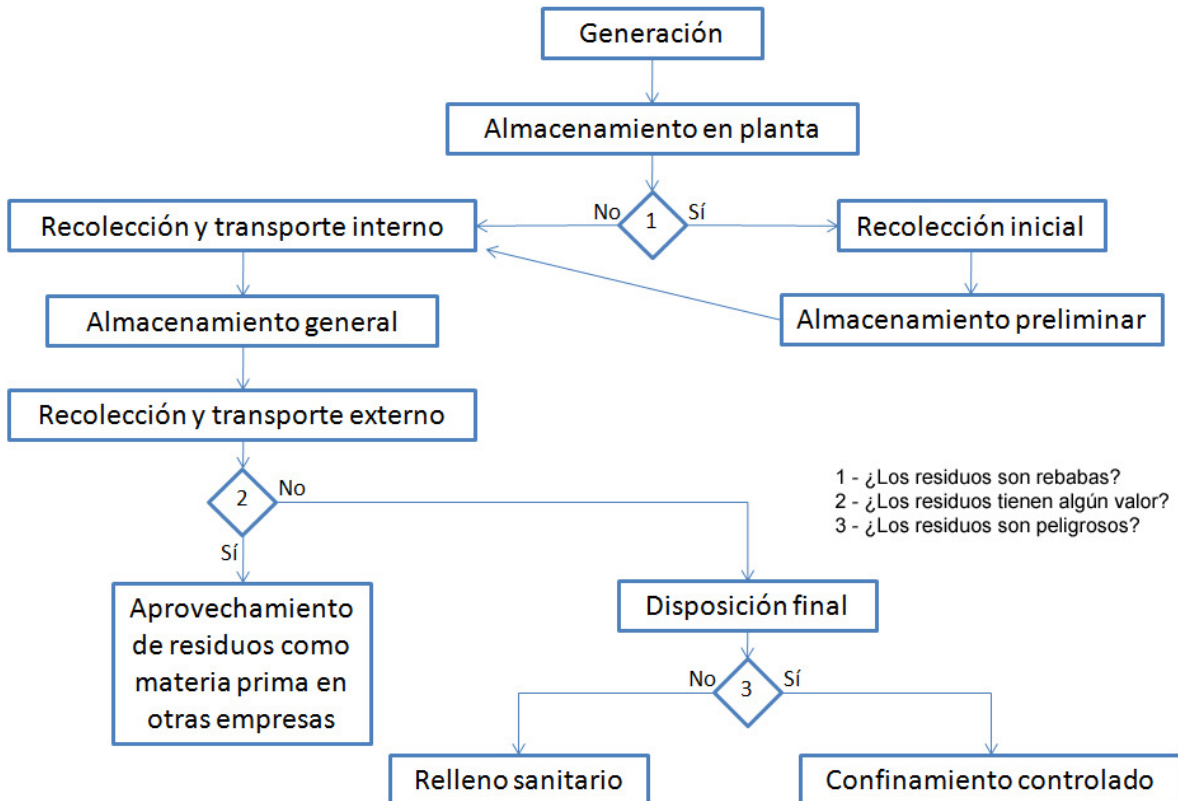


Figura 4.2 - Diagrama de flujo del manejo de los RME generados en las áreas de producción.

- **Manufactura.**

Todos los residuos que son generados por causa de los procesos productivos son separados desde su generación para evitar que se mezclen entre sí y se les pueda dar el manejo adecuado que requieren en las siguientes etapas.

Por ello estas áreas cuentan con contenedores diferenciados para los residuos, ya sea a la salida de las máquinas que los generan o en áreas específicas donde se van concentrando.

En la tabla 4.3 se puede ver un resumen de los RME generados en los procesos de manufactura y su tasa de generación.

Tabla 4.3 – Listado de los residuos generados en los procesos productivos de la empresa en estudio.

Residuos de Manejo Especial	Tasa de generación [Ton/mes]
Material rechazado	ND
Rebabas de fundición	14.98
Rebabas de aluminio	7.88
Rebabas de bronce	0.11
Rebabas de acero	265.64
Cascarilla	ND
Polvo de granalla	25.93
Lodos abrasivos	ND
Sobrantes de acero	106.72
Plástico	0.25
Plástico termo formado	0.32
Cartón	19.32
Madera	25.8

Nota – Las tasas de generación corresponden al año 2010.

ND – No disponible.

- **Balance de Materiales.**

Toda industria consiste en un proceso de transformación de materiales, obteniendo después de dicho proceso, el producto deseado y residuos generados como consecuencia de las operaciones realizadas. Para entender de forma más detallada los procesos productivos deben realizarse balances de materiales, generalmente ilustrados en forma de diagramas de flujos. Estos diagramas pueden variar su complejidad dependiendo de lo que se quiera estudiar.

Para el caso de este estudio, se requiere analizar la relación que hay entre la materia prima principal de la empresa y los residuos metálicos generados. Por ello, a continuación se presenta la tabla 4.4 que relaciona estas variables, tomando en cuenta los cuatro metales utilizados por la empresa en estudio.

Para la realización de estos balances se tomó como base la información proporcionada por la empresa, interpolando algunos datos para la obtención de los datos faltantes. Por lo que estos cálculos solo muestran una aproximación.

En el Anexo 5 se trata de forma detallada los RME generados, desglosando las fuentes de generación y los procesos involucrados.

Tabla 4.4 – Balance de materiales de la materia prima metálica utilizada en la empresa.

Material	Materia Prima [Ton/mes]	Material aprovechado [Ton/mes]	Residuos generados	
			Cantidad [Ton/mes]	Tipo
Acero	1400	1037.64	256.64	Rebabas
Acero			105.72	Sobrantes
Hierro gris	81.72	66.74	14.98	Rebabas
Aluminio	42.99	35.11	7.88	Rebabas
Bronce	0.6	0.49	0.11	Rebabas

- **Otras fuentes de generación.**

Estas fuentes de generación comprenden las áreas donde no se realiza maquinado, pero que generan residuos que deben ser tomados en cuenta, ya sea por su valor, manejo o volumen. En la tabla 4.5 se muestra un listado de las diferentes fuentes de generación y los residuos que en ellas se generan. El manejo de estos residuos se retoma en el punto 4.3.

Tabla 4.5 – Listado de los residuos generados en las áreas sin maquinado.

Fuentes de generación	Residuos generados
Almacén general	Cartón
Almacén de retención	Papel
Enfermería	Plástico
Comedor	Chatarra
Jardinería	Pilas*
Áreas comunes	Focos*
Áreas de oficina	Cartuchos de tinta para impresora*
Planta de tratamiento de agua residual	Aerosol*
	Tambos de plástico
	Residuos biológico-infecciosos*
	Restos de comida
	Residuos de jardinería
	Latas de aluminio
	Lodos biológicos de la PTAR
	Lodos peligrosos de la PTAR*

***Se clasifican como RP**

También se generan otro tipo de RME como: maquinaria obsoleta, chatarra, herramental, material obsoleto, mobiliario diverso, entre otros, los cuales no se generan con una periodicidad específica. En la tabla 4.6 se puede ver una lista de algunos de estos residuos con su tasa de generación.

Tabla 4.6 – Tasas de generación de RME diversos.

Residuo generado	Tasa de generación [Ton/mes]
Chatarra de aluminio	4.44
Herramental de forja	0.57
Herramental de corte	5.83
Maquinaria obsoleta	55.51
Flejes	12.31
Racks metálicos	1.45

Nota 1 – Las tasas de generación corresponden al año 2010

II. Almacenamiento en planta.

Esta etapa se refiere al almacenamiento diferenciado en las fuentes de generación, en este caso las áreas involucradas con producción.

- **Contenedores.**

Toda la nave industrial se rige por un código de colores para diferenciar los diversos tipos de contenedores y los residuos que deben depositarse en ellos.

Los residuos que no tengan asignados un contenedor específico se colocan en los de RSU. La tabla 4.7 muestra el código de colores de los contenedores.

Tabla 4.7 – Código de colores para los contenedores de la empresa.

Color del contenedor	Residuo asignado
Plateado	Rebaba de aluminio
Rojo	Rebaba de fundición
Anaranjado	Rebaba de acero
Amarillo	Rebaba de bronce
Café	Papel y cartón
Blanco	Basura en general (RSU)
Gris	Residuos abrasivos
Azul	Agua contaminada
Negro	Residuos peligrosos

Todos los contenedores que se utilizan en las áreas de producción son metálicos, con diferentes geometrías y características, sobre todo en el caso de los que son para rebabas. Estos contenedores son empleados hasta que ya no pueden cumplir más con su función, sin importar que tengan golpes o abolladuras.

Se tiene mayor atención con los que se utilizan para RP, ya que no deben tener fugas y deben cerrar perfectamente. Se suele dar el caso de que algún contenedor que ya no es útil para RP por lo que se limpia y adecua para ser utilizado con otro residuo.

En el caso de los contenedores blancos y cafés, se manejan cuatro tipos diferentes en toda la empresa, sin importar el área en la que se encuentren. Estos contenedores pueden ser cajas metálicas en dos tamaños o tambos también en dos tamaños. En la tabla 4.8 se presentan las capacidades de cada uno de ellos.

Tabla 4.8 – Capacidad de los contenedores.

Tipo de contenedor	Capacidad
Caja grande	2.64 m ³
Caja chica	0.91 m ³
Tambo grande	200 L
Tambo chico	80 L

Los contenedores con forma de cajas tienen entradas para montacargas en la parte inferior.

Para los RP y los residuos abrasivos (polvo de granalla) se utilizan tambos, principalmente de 200 litros, pero también llegan a emplearse los de 80 litros.

Los contenedores para rebabas deben adaptarse a las salidas de las máquinas, por lo que son de diferentes características: pueden o no tener ruedas; inclinaciones para que las rebabas resbalen; patas para que les den mayor altura, etc. Todo depende del tipo de máquina a la que estén acoplados. El Anexo 6 contiene información más detallada referente a los diversos tipos contenedores empleados.

- **Áreas de almacenamiento.**

Todas las máquinas cuentan con contenedores propios para los residuos metálicos que generan. Dependiendo de los requerimientos de cada máquina, se pueden ubicar otros contenedores a su alrededor, por ejemplo: para abrasivos o algún residuo peligroso. Estos contenedores se encuentran dentro de áreas delimitadas. En la figura 4.3 se puede ver tres contenedores diferentes que se encuentran a un costado de una máquina de forja, todos dentro de sus áreas señalizadas.



Figura 4.3 - Contenedores dentro de sus áreas señalizadas.

Dentro de todas las plantas se cuenta con “islas” de contenedores, generalmente ubicadas por células de trabajo. Estas islas pueden ser de dos tipos: las que son para RP y las de basura y cartón. Las áreas para estos contenedores están delimitadas y; dependiendo de la planta en que se encuentren, también están señalizadas. Pudiendo haber variantes en el tipo de contenedores que se colocan por isla. En la figura 4.4 se muestra un ejemplo de estas áreas para contenedores, en este caso los contenedores cuentan con una base móvil para facilitar su manejo.

Los contenedores designados para la basura común (RSU) se encuentran tanto en “islas de contenedores” como de forma individual a lo largo de las áreas de maquinado.



Figura 4.4 - Isla de contenedores para RME, con señalamientos.

III. Recolección Inicial.

Como se puede apreciar en el diagrama de flujo que se ilustra en la figura 4.2, si los residuos son rebabas, pasan por una etapa de recolección inicial a cargo del personal llamado “Rebabereros”. Esto se aplica a todos los tipos de rebabas excepto las de bronce, que se manejan por separado. En el caso de las de acero, se recolectan todas juntas aunque sean de diferentes tipos.

Los rebabereros son los encargados de vaciar manualmente los contenedores que se encuentran al pie de cada máquina, pasando su contenido a unos carros recolectores que se encuentran identificados dependiendo del tipo de rebaba.

Se cuenta aproximadamente con ocho carros por planta y por tipo de rebaba. Son de diversas geometrías, pero en su mayoría son rectangulares, de un volumen aproximado de 0.834 m³, y todos cuentan con entradas para montacargas en la parte inferior. En la figura 4.5 se pueden ver un par de ejemplos de estos carros recolectores.



Figura 4.5 - Carros recolectores de rebabas.

Las rebabas que quedan dentro de las máquinas deben ser retiradas por los operadores y depositadas en su contenedor correspondiente, ya que los rebabereros no pueden manipular las máquinas.

En la tabla 4.9 se menciona el número de rebabereros asignados por turno. Ellos son responsables de recoger lo que se genera en las tres plantas.

Tabla 4.9 – Rebabereros asignados por turno.

Turno	Número de rebabereros asignados
Primero	2
Segundo	1
Tercero	1

El equipo de seguridad con que cuentan se compone de: lentes de seguridad, zapatos de seguridad, mandil, guantes de nitrilo, guantes hyflex y mangas (cuando se realiza limpieza a las máquinas, previa autorización). Mientras que su material de trabajo se compone de los carros, una pala y una escoba.

IV. Almacenamiento Preliminar.

En las afueras de cada planta, se cuenta con un área designada para la colocación de los carros con rebabas a la espera de ser transportados al área de almacenamiento general correspondiente.

En el caso de Planta 2, también se cuenta con un área para cajas de cartón unidas a tarimas de madera, esto a un costado del lugar designado para los carros de rebabas.

Estas zonas de almacenamiento se encuentran a la intemperie. Su delimitación y señalamientos están marcados en el piso. En la figura 4.6 se puede ver el área de almacenamiento preliminar perteneciente a Planta 2.



Figura 4.6 - Área de almacenamiento secundario de Planta 2, para rebabas y cartón.

V. Recolección y Transporte interno.

- **Montacargas.**

Tanto los contenedores que se encuentran en las áreas de almacenamiento preliminar (rebabas), como los que contienen al resto de residuos y se encuentran aun dentro de las plantas, son recogidos y transportados por medio de montacargas, para posteriormente ser vaciados o depositados, según sea el caso, en las áreas de almacenamiento general.

En la tabla 4.10 se muestra la asignación de áreas a cada montacargas en los turnos matutino y vespertino, teniendo un total de tres montacargas por turno dedicados a la recolección de residuos.

Tabla 4.10 – Montacargas asignados por áreas, en los turnos matutino y vespertino.

Áreas asignadas	Número de montacargas
Ensamble y Planta 3	1
Planta 1, Planta 2 y Forja	1
Basura general	1

El área marcada como “Basura general”, se refiere a los contenedores de gran capacidad que se encuentran fuera de las áreas de maquinado y que son específicos de RSU. El personal de limpieza se encarga de recolectar los RSU de todas las áreas y depositarlos en estos contenedores generales que son manejados por los montacargas.

En el caso del turno nocturno, se cuenta con un solo montacargas para atender todas las áreas.

Los encargados visitan los contenedores asignados dos veces cada turno de trabajo, y de ser necesario los llevan al almacén general correspondiente. Si los contenedores se encuentran abajo del 50% de su capacidad no son vaciados.

Para transportar los tambos es necesario montarlos en tarimas para poder mover uno, cuatro o seis contenedores a la vez.

Cuando en algún contenedor se encuentran piezas o material rechazado, el recolector debe levantar un reporte y dichos contenedores no pueden moverse hasta que se autorice.



Figura 4.7 - Transporte y vaciado de contenedores.

- **Agua contaminada**

Aunque se trata de un residuo peligroso, se menciona su tipo de recolección y transporte ya que involucra a los carros empleados para la recolección de las rebabas.

El personal de limpieza se encarga de vaciar el agua de los tambos que se encuentran en las plantas, depositando el agua en uno de los carros para recolección de rebabas y así transportarla al área de lavado, donde se vierte al drenaje que está conectado a la planta de tratamiento de agua. En la figura 4.8 se ilustra lo descrito.



Figura 4.8 - Recolección y transporte de agua contaminada

VI. Almacenamiento General.

La empresa cuenta con cuatro áreas generales de almacenamiento: almacén de RP, almacén de chatarra, almacén de forja y la zona de PITS. Dependiendo del tipo de residuo, será el área de almacenamiento en la que se le colocará.

a) Almacén de Forja.

Almacén techado con un área total es de 82.5 m² dividido en cuatro secciones de 20.63 m² cada una. A las primeras dos secciones se debe ingresar con llave.

Cuenta con señalamientos de nivel de inventario en las paredes. El primer nivel (verde) está a 2.80 m del fondo; 1.80 m adelante, se encuentra el segundo nivel (rojo), que indica que el almacén se encuentra a su máxima capacidad.

En este almacén se ubican los siguientes residuos:

- 1) Desperdicio de barras y rebabas.
- 2) Desperdicio de dados y refacciones obsoletas.

- 3) Polvo fino de granalla y cascarilla.
- 4) Desperdicio de granalla.

En la figura 4.9 se ilustra la disposición de este almacén, mientras que en la figura 4.10 se presenta (a) una foto que muestra los niveles de inventario del almacén, (b) el área destinada al desperdicio de barras y rebabas.

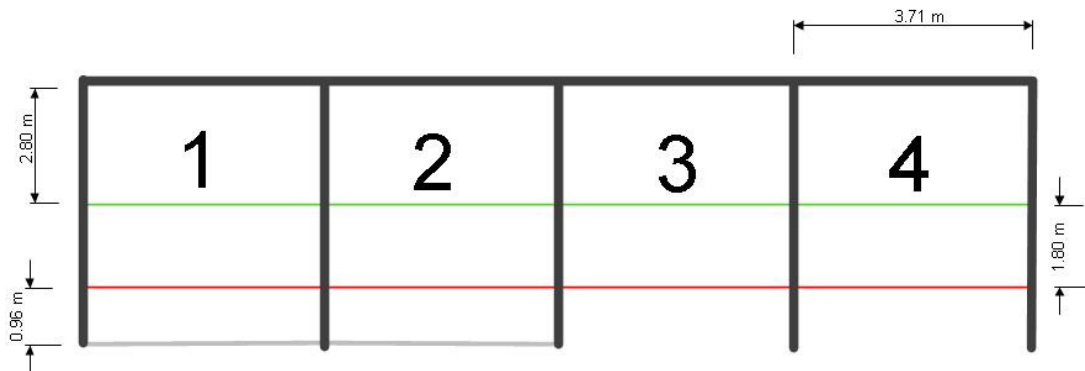


Figura 4.9 - Disposición del almacén de forja.



(a) **(b)**

Figura 4.10 – Fotos del almacén de forja.

b) Almacén de chatarra.

Área a la intemperie delimitada con malla ciclónica, cuya área total es de 72.66 m² dividido en ocho secciones de 9.08 m² cada una.

Las secciones en que se divide este almacén son:

- 1) Planta 1.
- 2) Ensamble.
- 3) Equipo PFH.

- 4) Planta 2.
- 5) Planta 3.
- 6) Material de mantenimiento.
- 7) Herramientas.
- 8) Prototipos.

En las figuras 4.11 y 4.12 se muestran la distribución del almacén, de forma gráfica y con una fotografía.

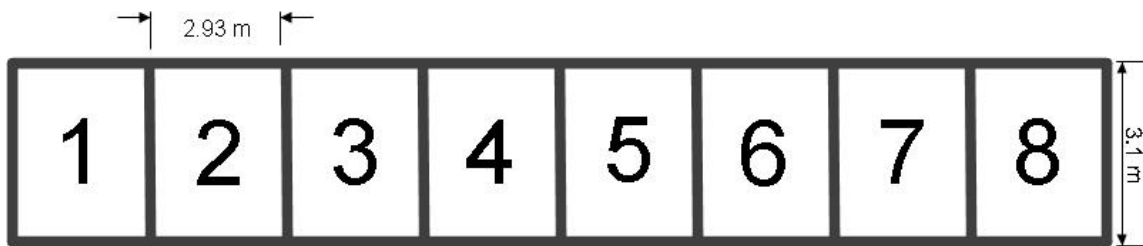


Figura 4.11 - Disposición del almacén de chatarra.



Figura 4.12 – Foto del almacén de chatarra.

c) Área de PITS.

Es el almacén general de residuos más grande con que cuenta la planta. Está techado y cuenta con extintores, una grúa en el techo y una prensa hidráulica. En la tabla 4.11 se pueden ver los diferentes contenedores con que cuenta y su volumen.

En la figura 4.13 se muestra la distribución del área de PITS. Y en la figura 4.14 se presentan fotos de los contenedores que se encuentran ahí: (a) contenedores para rebaba de acero, (b) contenedores de rebaba de fundición y aluminio.

Tabla 4.11 – Contenedores del área de PITS.

Número de contenedor	Residuo asignado	Volumen [m ³]
1	Madera	22.73
2	Chatarra	23.03
3	Basura (RSU)	24.73
4	Cartón	26.52
5	Basura (RSU)	13.71
6	Rebaba de acero	32.26
7	Rebaba de fundición (hierro)	16.13
8	Rebaba de aluminio	27.44

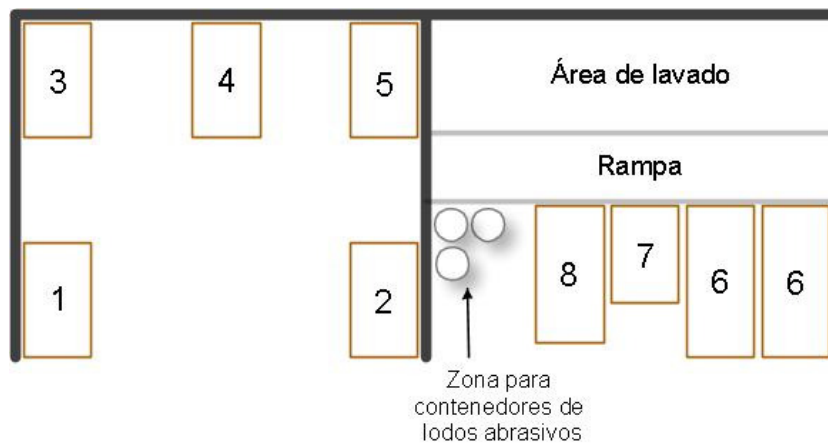


Figura 4.13 - Distribución del área de PITS.

Nota – Los números de los contenedores corresponden a los marcados en la tabla 4.10.



(a) (b)
Figura 4.14 – Fotos de los contenedores del área de PITS.

VII. Recolección y transporte externo.

- **Preparación de residuos.**

En el caso de los residuos abrasivos, se lleva a cabo una preparación previa a que sean recolectados por la empresa subcontratada; dicha preparación se realiza en los almacenes de forja y de PITS.

En el área de PITS destinada a los tambos de lodos abrasivos, una persona se encarga de separar los lodos que llegan con papel filtro. Los lodos se mantienen en los tambos y son tratados como RME, mientras que el papel filtro, por contener solubles, se trata como RP y se traslada al almacén correspondiente.

Para que los tambos con granalla, polvo de granalla y lodos abrasivos salgan de la empresa es necesario armar paquetes de cuatro tambos, manteniéndolos unidos con una tela plástica, que a su vez los cubre por la parte superior. Esto se realiza en el almacén de forja. En la figura 4.15 se ilustra el empaque de estos tambos.



Figura 4.15 - Tambos de abrasivos empacados para su salida de la empresa.

- **Recolección y Salida de los residuos.**

La planta cuenta con el servicio de diversas empresas que se encargan de la recolección y traslado de los residuos, dependiendo del tipo de residuo será la empresa que se ocupe de el, así como su siguiente destino.

En el caso de los residuos que tienen algún valor comercial, son vendidos a empresas comercializadoras que se encarga de recolectarlos en la planta y trasladarlos a diferentes empresas que los reciclan.

Pero si se trata de residuos cuyo destino es el relleno sanitario municipal, se paga a otra empresa por su recolección y traslado. Tal es el caso de los RSU, los residuos de jardinería y los del comedor.

Todo el proceso de compra-venta o de pagos de servicios, se fija de acuerdo al peso de los residuos que se trasladan. Los camiones recolectores se pesan a la entrada (vacíos) para luego pesarse a la salida (cargados con los residuos) y así sacar una diferencia de pesos.

a) Residuos abrasivos.

Se cargan 56 tambos en promedio por camión. El tiempo de recolección, desde que el camión ingresa a las instalaciones hasta que sale, es de una hora en promedio. La frecuencia de recolección es flexible ya que depende de los niveles de inventario del almacén, pero en promedio se realiza cada 15 días.

b) Contenedores de PITS.

La empresa que se encarga de estos residuos cuenta con tres camiones diferentes, a los que se ensamblan los contenedores que se encuentran en el almacén de PITS. En la tabla 4.12 se puede ver la frecuencia de recolección de algunos residuos.

Tabla 4.12 – Frecuencia de recolección de algunos residuos.

Residuo	Frecuencia de recolección	Horario
Cartón	Diario	Por la mañana
RSU	Diario	Alrededor de las 2:30 pm
Madera	Cada tercer día	Por la mañana
Rebaba de acero	Diario	Por la mañana
Rebaba de fundición	Mensual	Por la mañana

c) Otros residuos.

Algunos residuos, como la denominada chatarra, o los residuos de jardinería, son recolectados dependiendo de la cantidad que se tenga. Así que cada encargado solicita el servicio de recolección dependiendo de sus necesidades.

4.3. MANEJO DE RME GENERADOS EN OTRAS ÁREAS.

I. Jardinería.

• **Generación.**

Estos residuos se generan en las áreas verdes de la empresa, lo que incluye jardineras de áreas comunes, canchas deportivas y el resto de áreas verdes no ocupadas por el

momento. Cuentan con cinco jardineros que se encargan del mantenimiento de estas áreas y del manejo de estos residuos en las etapas de generación, recolección y almacenamiento. El residuo principal es pasto.

- **Recolección Interna.**

Para su traslado hacia el contenedor designado se utilizan bolsas que se procura reutilizar la mayor cantidad de veces posible.

- **Almacenamiento.**

El almacenamiento es en un contenedor con forma de caja metálica descubierto de la parte superior. Se encuentra cerca de las canchas deportivas. Cuando se encuentra aproximadamente a un 80% de su capacidad, se avisa al área encargada para pedir que se vacíe. Esto sucede aproximadamente cada tres semanas.

Su destino final es el relleno sanitario de Querétaro.

En la figura 4.16 se presenta: (a) foto del contenedor de jardinería. (b) foto del interior del contenedor de jardinería.



(a) (b)
Figura 4.16 - Fotos del contenedor de jardinería.

II. Comedor.

- **Generación.**

Los residuos del comedor se separan de forma binaria en orgánicos e inorgánicos desde su generación, colocándolos en bolsas de plástico.

- **Almacenamiento.**

- a) *Contenedores.*

Los residuos son colocados inicialmente en contenedores de plástico de un metro de altura, que cuentan con tapa de cierre hermético y con ruedas para facilitar su movilidad. Son dos contenedores de este tipo, rotulados y colocados en un área señalizada dentro de la cocina. En la figura 4.17 se muestra una foto de estos contenedores (en la foto no están rotulados ya que acaban de ser lavados).



Figura 4.17 - Contenedores internos del comedor.

Estos contenedores son vaciados y lavados cada fin de turno, trasladando los residuos a dos contenedores de mayor tamaño colocados en el patio trasero del comedor.

Los residuos inorgánicos son colocados en un contenedor de caja metálica señalado de acuerdo al código de colores de la empresa y rotulado con la leyenda “Basura”; este contenedor tiene las mismas características que los del resto de la planta.

Para los residuos orgánicos se utiliza un contenedor de 2 m³ de capacidad, metálico y con tapa sobrepuesta; ya que se encuentra a la intemperie, está oxidado y presenta filtración de lixiviados.

En la figura 4.18 se presentan un par de fotos del contenedor externo para residuos orgánicos.

- a) *Zona de almacenamiento.*

El contenedor de residuos orgánicos se encuentra a la intemperie, con piso de azulejo en malas condiciones. La figura 4.19 muestra una foto esta área.



Figura 4.18 - Contenedor externo para residuos orgánicos del comedor.



Figura 4.19 - Foto del área destinada al contenedor de residuos orgánicos.

- **Recolección externa.**

La empresa Proactiva se encarga de recoger los residuos (orgánicos e inorgánicos) todos los días a las 6 de la mañana. El manejo del comedor es por medio de una empresa externa, la cual se encarga de pagar por éste servicio.

III. *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.*

- **Generación.**

Los lodos, producto del tratamiento del agua residual de la empresa, se colocan en fosas de secado como se ilustra en la figura 4.20.



Figura 4.20 - Fotos de las fosas de secado de lodos de la PTAR.

- **Recolección y Almacenamiento interno.**

El personal de limpieza es el encargado de vaciar las fosas de secado y de colocar los lodos secos en contenedores. En el caso de lodos considerados RP, los contenedores son rotulados y sellados para posteriormente trasladarlos al almacén correspondiente.

Los lodos biológicos (RME) se disponen en un área designada del relleno sanitario municipal.

En la figura 4.21 se puede ver una foto de los lodos secos listos para ser colocados en los contenedores.



Figura 4.21 - Foto de los lodos secos de la PTAR.

IV. Limpieza general.

El personal de limpieza se encarga de recolectar los RSU que hay en los contenedores unitarios distribuidos por toda la empresa, trasladándolos a los contenedores generales

que posteriormente son recolectados y vaciados en el área de PITS, mediante montacargas.

En las oficinas se separa el cartón del resto de los RSU, mientras que en la enfermería los RSU y los biológico-infecciosos se separan desde su generación.

El equipo con que cuenta el personal de limpieza es: 3 restregadoras, 3 pulidoras, 2 sopladoras de aire, una barredora de motor, una barredora eléctrica, una barredora manual, carros de limpieza y 3 podadoras.

En la figura 4.22 se presenta una foto de la barredora de motor utilizada para limpiar el estacionamiento y las calles internas de la nave industrial.



Figura 4.22 - Foto de la barredora de motor del personal de limpieza de la planta.

4.4. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE MANEJO.

Como resultado del estudio diagnóstico del manejo de RME, no se detectó algún incumplimiento con lo que marca la legislación nacional; por otra parte se pudo ver que la empresa tiene un sistema de gestión encaminado a la valorización de residuos, con una logística bien establecida.

Las empresas externas que contribuyen con el sistema de manejo realizan su labor en coordinación unas con otras y con la empresa en estudio, desarrollando de manera fluida la gestión de residuos.

Aún así, se detectaron algunas áreas de oportunidad donde se puede mejorar, las cuales se mencionan a continuación:

- Homogeneizar en las tres plantas la forma de identificación de los contenedores, pintándolos del color correspondiente y añadiendo en todos una leyenda que indique el tipo de residuo que contienen; ya que los contenedores designados a rebabas de fundición (rojo) y de acero (anaranjado) pueden confundirse si no cuentan con dicha leyenda cuando la pintura se deteriora.
- Colocar en planta contenedores para madera, ya que actualmente dicho residuo se almacena en los contenedores de cartón.
- Sustituir el contenedor para residuos orgánicos del comedor por uno de plástico con tapa hermética.
- Proporcionar un imán a cada rebabero para que pueda diferenciar rápidamente entre las rebabas de aluminio y las de acero; asegurando con esto que no se dará una mezcla de residuos, esto será especialmente útil para trabajadores nuevos.
- Designar un medio de transporte propio, debidamente identificado, para el manejo del agua contaminada.
- Actualizar la señalización del área de almacenamiento preliminar para carros con rebabas y cartón que se encuentra a las afueras de Planta 2.
- En época de lluvia, reubicar la zona de almacenamiento preliminar para cartón que se encuentra a las afueras de Planta 2.
- Definir si los operadores de Planta 2 o el personal de limpieza, son los encargados de colocar en los contenedores para cartón las cajas que se van desocupando durante el proceso productivo.
- Enviar los residuos de jardinería a una planta de compostaje.
- Recolectar las latas de aluminio de forma independiente y comercializarlas junto con las rebabas de aluminio.
- Recolectar los embases de PET de forma independiente.

- Generar una tabla maestra de residuos, con la información suficiente para distinguir cada tipo de residuo manejado en la empresa (ver apartado VII del punto 5.2 en el capítulo V).

El Anexo 12 contiene el Plan de Manejo que se realizó para la empresa con la información presentada en este capítulo, integrando las propuestas de mejores prácticas.

El próximo capítulo muestra los pasos que se siguieron para la elaboración de este trabajo.

5. METODOLOGÍA

Este capítulo presenta la metodología que se siguió para la elaboración del presente trabajo. Consta de seis etapas las cuales son: selección de la empresa en estudio, revisión bibliográfica, trabajo de campo, análisis de la información obtenida, elaboración de la propuesta de metodología para la gestión integral de RME en el sector metalmecánico automotriz y la realización del Plan de Manejo de RME para la empresa en estudio.

I. Selección de la empresa en estudio.

Para seleccionar la empresa en estudio, se tomó en cuenta la facilidad para tener acceso a la información necesaria para desarrollar el trabajo, así como la posibilidad de realizar el estudio de campo en sus instalaciones.

II. Revisión bibliográfica.

Esta etapa consistió en extraer y recopilar la información relevante y necesaria para establecer el marco teórico en el que está inmerso este trabajo (Sampieri, 1991), y así poder desarrollar la propuesta de metodología de gestión de RME. Esta revisión se centró en los siguientes puntos:

- Legislación nacional referente al manejo de residuos.
- Gestión integral de residuos sólidos.
- Planes de manejo de residuos industriales.
- Procesos productivos de la industria metalmecánica.
- Residuos sólidos generados por la industria metalmecánica.
- Situación actual de la industria metalmecánica en México.
- Metodologías de gestión.

III. Trabajo de campo.

Se realizó una estancia en el sitio la semana del 15 al 19 de agosto del 2011, con el objetivo de analizar y evaluar la forma de manejo de los residuos generados en las instalaciones.

IV. *Análisis de la información obtenida en el trabajo campo.*

Con esta información se construyó un diagnóstico de los métodos de gestión de residuos utilizados en la empresa en estudio. Este análisis sirvió como base para la elaboración de la metodología de gestión de residuos.

V. *Elaboración de la propuesta de metodología para la gestión integral de residuos industriales no peligrosos en la industria metalmecánica automotriz.*

Esta metodología se elaboró tomando en cuenta tanto los datos obtenidos durante el trabajo de campo, como la información recopilada mediante la revisión bibliográfica, estando enfocada hacia el aprovechamiento de los residuos mediante su reutilización y reciclaje.

VI. *Realización del Plan de Manejo de RME para el caso de estudio.*

Tomando como base la metodología propuesta con anterioridad y lo observado durante el trabajo de campo, aunado a la información obtenida mediante la revisión bibliográfica, fue posible la realización del Plan de Manejo para la empresa en estudio, Integrando al manejo actual estrategias y prácticas orientadas a una mejor gestión de los residuos ahí generados.

En el siguiente capítulo se presenta la propuesta de metodología para la gestión integral de residuos industriales no peligrosos en el sector metalmecánico automotriz, la cual toma como base lo observado y analizado a lo largo de este trabajo de campo, complementando la información con la revisión bibliográfica de varias metodologías de gestión.

6. RESULTADOS

El resultado principal de este trabajo consiste en una propuesta de metodología para la gestión integral de residuos sólidos industriales no peligrosos en el sector metalmeccánico automotriz.

Dicha metodología se desarrolló tomando en cuenta lo observado durante el trabajo de campo, complementándolo con en análisis y adaptación de diversas técnicas enfocadas al control de la producción y a la calidad total de los procesos.

6.1. PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES NO PELIGROSOS EN EL SECTOR METALMECÁNICA AUTOMOTRIZ.

Esta metodología pretende servir como guía para implementar o mejorar un sistema de gestión de RME, que permita a las empresas del sector metalmeccánico automotriz cubrir sus responsabilidades legales, identificar áreas donde el sistema actual de manejo se puede mejorar, encontrar soluciones diferentes y más efectivas, sin que esto signifique que deba modificarse lo que funciona bien. Finalmente hay que recalcar que un buen sistema de manejo puede contribuir con ahorros o ganancias económicas para la empresa.

Objetivos de la metodología:

- Proporcionar una guía para la gestión de RME.
- Presentar los puntos claves a considerar en la gestión de RME.
- Brindar herramientas que ayuden a detectar áreas de mejora en el sistema actual de gestión.

A continuación se describen las etapas que conforman esta metodología, dichas etapas se pueden ver en forma de diagrama de flujo en el Anexo 11.

I. Definición de proyectos.

Dado que esta metodología es aplicable tanto en empresas que ya cuentan con un sistema de gestión de residuos, como en aquellas que apenas planean implementarlo, es importante delimitar las áreas de acción y establecer objetivos específicos. Esto permitirá

desarrollar estrategias enfocadas que encaminen los esfuerzos y recursos sin perder de vista el fin al que se quiere llegar (Pérez, 2011).

Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana (Urbina, 2010). Deben trazarse con una idea clara de la tarea que se debe realizar, mediante información sobre los objetivos de trabajo y percatándose del tiempo, personal y costos que dicho trabajo requiere.

Conforme el proyecto se vaya desarrollando es importante mirar atrás frecuentemente para preguntarse de qué manera ayudará esa tarea a lograr los objetivos aquí planteados. Y de ser posible se debe definir un equipo de trabajo interdisciplinario que pueda analizar y proponer soluciones desde diferentes puntos de vista.

II. Recopilación de información.

Esta etapa se enfoca en reunir la información necesaria para poder establecer medidas y estrategias adecuadas para el buen manejo de los residuos; siempre teniendo como meta lo establecido en el punto anterior. Consta de dos secciones principales, los cuales son:

a) Información documental.

Se refiere al conjunto de elementos que rodean el manejo de residuos en una empresa determinada. Algunos de los aspectos importantes a considerar son:

- Legislación nacional: federal y estatal.
- Normas oficiales y técnicas vinculadas con el manejo de residuos.
- Legislación internacional, en caso de no existir a nivel nacional o como referencia extra.
- Metodologías de gestión de residuos a nivel nacional e internacional.
- Documentos técnicos.

La recopilación de información bibliográfica no se limita a una única etapa, sino que es una actividad que se lleva a cabo de manera continua durante todo el desarrollo del proyecto. Una vez finalizada la implementación de los cambios y/o mejoras, se debe consultar periódicamente la nueva información publicada respecto a estos temas.

b) Información referente a la empresa.

En esta etapa se identifican las características clave de los residuos y los parámetros que intervienen en su manejo. Es decir, que se recauda toda la información asociada a los

residuos generados en la empresa, tanto en las áreas de producción como en el resto de las instalaciones, tales como:

- Procesos productivos.
- Materia prima empleada.
- Residuos generados: características, tasas de generación, fuentes de generación.
- Forma de manejo de los residuos desde su generación.
- Características de la infraestructura involucrada en el manejo de los residuos.
- Controles administrativos aplicados al manejo de residuos.
- Personal involucrado en el manejo de los residuos.
- Empresas subcontratadas para el manejo de los residuos en alguna de sus etapas de gestión.

Esta información será cualitativa y cuantitativa, por lo que debe emplearse un método adecuado para su recolección, entre los que se incluyen entrevistas, toma de datos y mediciones y; observación directa.

Par la obtención de datos específicos, pueden utilizarse las bases de datos o bitácoras existentes en la empresa. De ser necesario, adicionalmente deberán realizarse procedimientos para la caracterización de los RSU, o para determinar el peso volumétrico de algún residuo. En la tabla 6.1 se muestran las Normas Mexicanas asociadas a estos procedimientos.

Tabla 6.1 – Procedimientos para la caracterización de RSU.

Procedimiento	Norma Mexicana correspondiente
Método de cuarteo	NMX-AA-015-1985
Peso volumétrico "in situ"	NMX-AA-019-1985
Selección y cuantificación de subproductos	NMX-AA-022-1985

En la práctica profesional es posible que no se pueda disponer de todos los datos necesarios; en esos casos deberán aplicarse la aproximación y el criterio. Si no se puede disponer de datos cuantitativos será necesaria la estimación por medio de escalas de apreciación o tablas de evaluación. En el Anexo 7 se detallan este tipo de tablas.

Para recopilar la información de manera más enfocada, a continuación se presentan los puntos clave a considerar para cada flujo de residuos:

- Cantidad y frecuencia en que se generan.
- Forma, lugar y tiempo de almacenamiento.

- Su destino (reutilización, reciclaje, venta, disposición final, etcétera).
- Tipo de empresa que se encarga de su manejo.
- Aquellos que pueden ser valorizables.
- La proporción que se valoriza.
- El personal de la empresa involucrado directa e indirectamente.
- Los costos o ingresos derivados de su manejo.
- Los costos, pérdidas o implicaciones por su manejo inadecuado (incendios, accidentes, contaminación, etcétera).

Es importante tomar en cuenta las variaciones estacionales que pueden presentarse, ya que algunas empresas tienen períodos pico de producción al año y periodos donde la producción baja considerablemente.

III. Análisis de información.

En esta etapa se ordenan y evalúan los datos de resultados actuales e históricos, también se determinan las variables significativas en el proceso de manejo de residuos y las áreas que requieren atención inmediata.

a) Residuos.

Algunos de los puntos que se deben determinar en este rubro, mediante el análisis de la información recabada son:

- Establecer un diagrama de flujo de los procesos productivos, identificando las fuentes de generación de residuos.
- Definir un diagrama de flujo del manejo actual de los residuos.
- Describir las etapas de los diagramas de flujo.
- Identificar fuentes de generación que no están asociadas a los procesos de manufactura.
- Tener un listado de los residuos generados.
- Clasificar los residuos como RSU, RME o RP.
- Obtener las tasas de generación de cada residuo.
- Calcular balances de materiales.
- Determinar los residuos que tienen potencial de aprovechamiento, ya sea para su reutilización, reciclaje, tratamiento o venta como materia prima de otro proceso.
- Documentar el manejo que se les da en cada etapa de gestión.

- Describir el tipo de almacenamiento, tomando en cuenta la forma, el tiempo y el lugar.
- Establecer la forma en que se lleva a cabo la recolección, tanto interna como externa.
- Conocer el personal involucrado en su manejo y su forma de interactuar con los residuos.
- Conocer el tipo de empresas subcontratadas que se encargan de su manejo.
- Saber el destino final de cada residuo.
- Determinar los costos e ingresos derivados de su manejo.

b) Identificación de áreas de oportunidad.

Para poder llevar a cabo mejoras en el modo actual de gestión de residuos o poder implementar una forma de manejo adecuada, es necesario conocer los lugares que brindan una oportunidad de crecimiento.

Para identificar estas áreas se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El cumplimiento de la legislación vigente.
- Los beneficios que busca la empresa. Estos pueden ser a nivel ambiental, económico, social, de proyección internacional, disminución de riesgos laborales, etcétera.

Los datos recabados en la primera etapa del análisis de información servirán como base para establecer los objetivos y áreas de mejora en cuestión de manejo de residuos.

c) Jerarquización.

Dado que difícilmente se puede trabajar en el manejo de todos los residuos al mismo tiempo, suele ser útil establecer un orden de prioridad, el cual puede estar basado, entre otras, en:

- Costos asociados al manejo de uno o un grupo de residuos.
- Valorización de residuos, lo que puede significar una ganancia económica.
- Disminución en tasas de generación, lo que involucra un mayor aprovechamiento de la materia prima.
- Evitar problemas legales por el mal manejo de algún residuo.
- Mejorar las condiciones laborales, disminuyendo posibles riesgos asociados al mal manejo de residuos.

Para llevar a cabo esta jerarquización pueden utilizarse tablas de evaluación, en el Anexo 7 se muestra un ejemplo.

d) Relación causa-efecto

Es importante determinar la relación causa-efecto entre las variables de entrada y las variables de respuesta que interesan, de esta forma se podrá establecer un vínculo adecuado que permita predecir, mejorar y optimizar el manejo de residuos (Pérez, 2011).

Si la relación entre dos variables no puede establecerse de forma directa o si es necesario confirmar esa relación, pueden utilizarse métodos estadísticos para variables cuantitativas o cualitativas.

Al finalizar esta etapa de análisis de información, se debe haber determinado el problema a atacar de forma inmediata y cuáles serán los siguientes puntos a tratar, una vez que la opción prioritaria quede concluida.

En el Anexo 7 se muestran algunas de las herramientas que pueden utilizarse para el análisis de datos.

IV. *Identificación de alternativas.*

El objetivo de esta etapa es visualizar todas las alternativas posibles para la solución de los problemas o proyectos determinados en la etapa anterior; pudiéndose aplicar una o varias de ellas de forma simultánea.

Este proceso debe llevarse a cabo de manera creativa mediante una lluvia de ideas, tomando en cuenta: la experiencia en el área, lo reportado en la bibliografía, lo detectado en las etapas de recolección y análisis de información y; el sentido común.

Para la generación de una mayor variedad de soluciones, es necesario conformar un equipo de trabajo interdisciplinario que aporte diferentes puntos de vista.

La figura 6.1 muestra un ejemplo de la sucesión de posibles alternativas para solucionar algún evento.

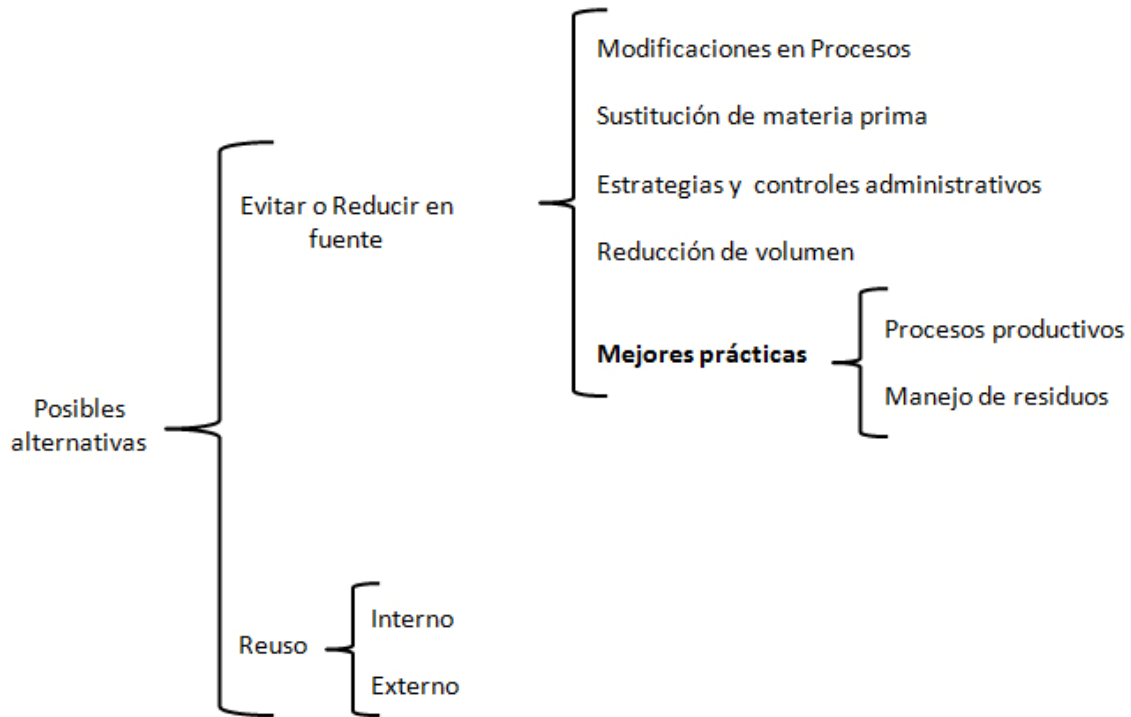


Figura 6.1 – Ejemplo de alternativas para solucionar un problema.

Finalmente debe describirse en qué consiste cada alternativa y se debe recopilar la información en una tabla resumen que contenga todas las posibles alternativas sugeridas para manejar cada residuo.

V. *Evaluación y selección de la mejor alternativa.*

Para tomar una decisión sobre una alternativa es necesario someterla a un análisis multidisciplinario que dependerá en gran medida del criterio adoptado de acuerdo con el objetivo fijado (Urbina, 2010).

Análisis Costo-Beneficio (Urbina, 2010).

El estudio costo-beneficio tiene la función de dar una estimación de las inversiones totales del proyecto, es decir, indica un aproximado de cuánto se necesita invertir para integrar al proceso productivo un sistema de gestión de residuos para aquellas empresas dedicadas al ramo metalmecánico. Para lograr este objetivo se propone la siguiente metodología de análisis:

- a) Estudio de Mercado.

- b) Estudio Técnico.
- c) Estudio Económico.
- d) Análisis Financiero.

Esta metodología es aplicable para aquellas empresas que no cuentan con un sistema de gestión de residuos o para aquellas empresas que buscan mejorar su gestión de residuos.

A continuación se describen cada uno de los puntos a desarrollar para el análisis costo-beneficio.

a) Estudio de Mercado.

Este estudio ayudará a conocer la demanda del producto con el que se trabajará, en este caso particular, la demanda son todos los residuos generados en la producción de la empresa en estudio, por lo que se recomienda seguir los siguientes pasos:

Producto en el mercado.

Se deben definir e identificar todos los residuos generados dentro de la empresa, así mismo se deberá clasificar que tipo de residuos se está manejando y el uso que se pretende dar. Esta última parte es importante, pues de esta manera se identificarán que residuos se destinarán para su reutilización dentro del mismo proceso productivo, que residuos están disponibles para su venta en el mercado, o que residuos se destinaran a un confinamiento final.

Área de Mercado.

Es importante saber la ubicación geográfica de la empresa en estudio, puesto que indicará si en su perímetro hay establecimientos donde depositar los residuos como son: rellenos sanitarios, otras empresas a quienes les interese comprar como materia prima los residuos, servicios de transporte de recolección de residuos, etcétera.

Comportamiento de la demanda.

En este punto se hace un análisis de la situación actual que prevalece en la empresa en materia de residuos.

Situación actual.

Se describe cuál es el programa de manejo de residuos que actualmente utiliza la empresa, es decir, qué hace la empresa son sus residuos, cuánto tiempo y dinero le destina a este ejercicio.

Estimación de la demanda.

En términos prácticos, se refiere a la generación de residuos por tipo o clasificación. El propósito de este punto es calcular la proyección de generación de residuos durante la vida útil¹ del proyecto.

Cabe mencionar que para su cálculo son necesarios los siguientes elementos:

- Generación por tipo de residuo.
- Generación total.
- Recuperación de residuos (aquellos que se reintegran al mismo proceso productivo de la empresa).
- Residuos que se mandan a disposición final.
- Residuos valorizados (aquellos que por sus características se venden en el mercado como materias primas).

De esta manera se tiene una idea general del diseño que deberá tener el sistema de gestión de residuos, de las necesidades de la empresa y sus recursos disponibles.

b) Estudio técnico-operativo.

El objetivo de este estudio es analizar y determinar lo que se requiere para la realización del proyecto. Esto incluye tamaño, tipo y localización de los equipos e instalaciones, así como la organización y mano de obra requerida. En el apartado 5.3 de este capítulo se muestran las consideraciones que debe tomar en cuenta una empresa del giro metalmeccánico automotriz.

c) Estudio económico.

El objetivo de este estudio es conocer las inversiones necesarias para la puesta en marcha y operación del sistema de gestión de residuos que se propone, en este caso de una empresa metalmeccánica, mediante la estimación de casos.

Para calcular el monto que representan las inversiones, existen tres tipos de costos, los cuales son:

¹ La vida útil de un proyecto industrial, generalmente es de 10 años, a no ser que se especifiquen las razones por las cuál se amplía este periodo.

Inversiones fijas.

Reflejan los costos de aquellos bienes durables y que son tangibles. Esas inversiones se conformado por los siguientes costos:

- *Terreno:* en este caso particular, los costos del terreno no se tomarán en consideración, ya que la empresa cuenta con espacio suficiente para las operaciones de manejo y almacenamiento de los residuo. En caso contrario, se debe contemplar el costo por m² del terreno a adquirir.
- *Obra civil:* estos costos se obtiene con base en el diseño del área de trabajo necesaria. Por ejemplo, área de pesaje, almacén, área de maquinaria, área de mantenimiento, área administrativa, entre otras.
- *Maquinaria y Equipo:* se deben obtener los costos de aquellos equipos necesarios para el manejo de los residuos ya sea que se adquieran o que se renten. Ejemplo: montacargas, báscula electrónica, contenedores, etcétera.
- *Equipo de oficina:* como computadoras, impresoras, escritorios; es decir, todos los equipos necesarios para el área administrativa.
- *Herramientas:* las necesarias para el uso en el área operativa. Ejemplo: martillos, desarmadores, palas, carretas, etcétera.

En la tabla 1 del anexo 8, se muestra un ejemplo didáctico de cómo presentar las inversiones fijas.

Inversiones diferidas.

Son los costos de aquellos bienes que no son tangibles como: trámites que se requieran para la operación del proceso.

- Licencias.
- Permisos.

En caso de no contar con la información necesaria para estos costos, pueden estimarse tomando un rango entre 1.5 y 2.5% del total de las inversiones fijas.

En la tabla 2 del anexo 8 se encuentra un ejemplo de presentación de las inversiones diferidas.

Capital de trabajo.

Se refiere a todos los costos que están relacionados con el proceso, como son:

- *Mano de obra:* se dividen en dos tipos: la mano de obra directa (que está relacionada directamente al proceso productivo) y la mano de obra indirecta (trabajadores administrativos). En este rubro se tiene que tomar en consideración los turnos de trabajo, el tiempo de la jornada laboral y el salario² de los operadores y la planta administrativa. En el anexo 8, tabla 3 se muestra un ejemplo de cálculo de la mano de obra.
- *Materias primas:* son aquellos materiales que durante el proceso productivo se transforman para convertirse en otros materiales o bienes de consumo final.

En este caso específico, los residuos generados en la empresa se considera la materia prima, por lo que se tomará como costo de materias primas al costo por transportar cada unidad de residuo a su lugar de destino final, o el costo que se paga a un intermediario para que se lleve los residuos, o bien, el costo por almacenarlos dentro de la empresa y su manejo.

- *Insumos:* son materias que se utilizan como complementos para la transformación de los residuos, es decir, si uno de los residuos aún puede ser utilizado y la empresa decide venderlo a otra, pero previo a la venta el residuo requiere algún tipo de tratamiento químico, los compuestos o sustancias químicas empleados son considerados como insumos. También se consideran insumos a los costos de los servicios (luz, gas, agua, teléfono) y materiales que no se emplean directamente en el proceso productivo como: aditivos, gas, gasolina, lubricantes, material de limpieza, papelería.
- *Otros:* en este rubro entran los siguientes costos: capacitación, uniformes, mantenimiento del equipo, seguro de vida, etcétera.

En la tabla 4 del anexo 8 se muestra un ejemplo de presentación de estas inversiones.

Una vez obtenida la información de costos antes mencionado, se presente una tabla general de inversiones iniciales (ver tabla 6.2), los cuales sólo reflejan los costos necesarios para poner en marcha el proyecto deseado.

² En México los salarios mínimos a considerarse deben ser de acuerdo a los establecidos por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos de la Secretaría del Trabajo.

Tabla 6.2 – Inversiones Iniciales.

CONCEPTO	IMPORTE
INVERSIONES TOTALES	
INVERSIONES FIJAS	
Terreno	
Obra civil	
Maquinaria y Equipo	
Equipo de Oficina	
INVERSIONES DIFERIDAS	
Licencias y Permisos	
Imprevistos	
CAPITAL DE TRABAJO	
M.O. directa	
M. O. Indirecta	
Insumos	
Otros	

Calendario de Inversión.

El calendario tiene como objetivo organizar y visualizar el tiempo en que se realizarán las inversiones totales a lo largo de la vida útil del proyecto. El calendario se compone de las inversiones iniciales, depreciaciones y amortizaciones y las inversiones de operación (capital de trabajo a lo largo de la vida útil). De este modo se obtiene la inversión total a lo largo de la vida útil del proyecto. El calendario se puede presentar como se muestra en la tabla 6.3.

Depreciación y amortización.

- *Depreciaciones:* es el costo por el desgaste la maquinaria y equipo, con base a este cálculo, se puede estimar el tiempo aproximado en que se remplazará la maquinaria y el equipo.
- *Amortización:* es el costo por concepto de renovación de las licencias y permisos de forma anual.

La tabla de depreciación y amortización se encuentran en la tabla 5 del anexo 8.

De esta forma se tiene un panorama general de las inversiones a realizarse; esto concluye el estudio económico y da paso para elaborar el análisis financiero.

d) Análisis financiero.

El análisis financiero tiene la finalidad de saber si el nuevo sistema de gestión de residuos que se pretende implementar en la empresa en estudio es factible, es decir, si las inversiones no representan para la empresa una ganancia en el sentido ambiental, o si este sistema representa un gasto no financiable por la empresa. Para lograr este análisis se recomienda la siguiente metodología:

- Presupuesto.
- Estado de resultados.
- Criterios de evaluación.
- Conclusiones.

Presupuesto.

El presupuesto arroja como resultado el costo anual del manejo de los residuos generados por la empresa, esto puede interpretarse como los ingresos menos los egresos.

- Ingresos: es el presupuesto que la empresa tiene destinado para la gestión de los residuos actualmente, más los ingresos de las ventas de aquellos residuos valorizables.
- Egresos: son los gastos que tiene que desembolsar la empresa resultante de la operación, manejo y disposición de los residuos generados (insumos, materias primas y mano de obra directa).

Es preciso hacer énfasis en que este tipo de proyectos ambientales, por sus grandes inversiones en infraestructura y maquinaria y por los bajos ingresos que se obtienen, las empresas solas no puede solventar las inversiones que representa este sistema de gestión de residuos, por lo que se recomienda tomar en consideración un financiamiento bancario que pueda ayudar a solventar los gastos.

Estado de resultados.

Es un flujo donde se descuentan de los ingresos todos los gastos, costos de operación e impuestos, para dar como resultado una utilidad neta; este se considera un primer indicador, ya que si el resultado es positivo, sin importar la cantidad resultante, se considera que el proyecto arroja ganancias; en caso contrario, indicará que el proyecto presenta pérdidas. En la tabla 6 del anexo 8 se muestra el flujo del estado de resultados.

Criterios de evaluación.

Es importante realizar una evaluación económica para cada proyecto de inversión, para esta evaluación se toman en consideración diferentes criterios o metodologías de evaluación; a continuación se exponen los cuatro criterios más importantes para una evaluación simple de proyecto de inversión. Así mismo, se da una breve explicación general de la interpretación de los resultados que arrojan los criterios analizados.

Los criterios de evaluación se clasifican en dos grupos:

- Criterios de evaluación simple:

Método Simple	Fórmula	Interpretación
Tasa Promedio de Rentabilidad	$TPR = \frac{UNP}{IP}$	Esta tasa indica que la tasa de ganancias o de rentabilidad del proyecto es positiva o negativa.
Rentabilidad Sobre la Inversión	$RSI = \frac{UNDE}{IT}$	Indica la eficiencia del proyecto, si es viable o no. Para determinar este criterio se parte de un punto de comparación que es la tasa promedio del mercado, si el proyecto reporta una rentabilidad mayor a esta tasa, entonces se acepta el proyecto. De lo contrario se deberá replantear el diseño y los costos del proyecto.
Rentabilidad Sobre el Activo Fijo	$RAF = \frac{UNDE}{AF}$	Ayuda a determinar el valor de los activos fijos desde el inicio de proyecto, mediante este criterio se puede saber el valor de las depreciaciones.
Periodo de Recuperación de la Inversión	$PRI = N - 1 + \left[\frac{FA_{n-1}}{F_n} \right]$	Este criterio determina el tiempo necesario para que los beneficios netos del proyecto amorticen el capital vendido, es decir, el tiempo que tardará en recuperarse las inversiones iniciales de acuerdo con el monto de las ganancias estimadas del proyecto.

Fuente – Adaptado de Evaluación de Proyectos (Urbina, 2010).

Criterios de evaluación compleja:

Método Complejo	Fórmula	Interpretación
Valor Actual:	$VA = \frac{F_1}{(1 + K)^1} + \frac{F_2}{(1 + K)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + K)^n}$	Mide el valor del dinero futuro, es decir, si hoy se invierten \$100, en el futuro cuánto valdrá en términos de poder adquisitivo este dinero.
Valor Actual Neto	$VA = \left[\frac{F_1}{(1 + K)^1} + \frac{F_2}{(1 + K)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + K)^n} \right] - IT$	<p>Mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión.</p> <p>Si el resultado es <u>mayor a cero</u>, mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de la recuperación.</p> <p>Si el resultado es <u>negativo</u>, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se desea obtener después de recuperar la inversión.</p> <p>Como el resultado de este ejercicio, al ser mayor a cero, entonces el proyecto es completamente aceptado.</p>
Relación Costo-Beneficio	$RBC = \frac{VA}{I_0}$	Este concepto mide si el proyecto registra ganancias o pérdidas, este criterio es el más decisivo pues con él podemos darnos una idea inmediata de las ganancias o beneficios tendrá el proyecto que es lo más importante en una evaluación económica.

Fuente – Adaptado de Evaluación de Proyectos (Urbina, 2010).

Con los criterios simples y complejos se determina si un proyecto tendrá ganancias o beneficios mayores o menores a los esperados. De no ser así, se puede hacer un rediseño de los estudios técnico o económico para lograr el objetivo inicial.

Tabla 6.3 – Calendario de inversión.

VIDA ÚTIL (años)	CANTIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	TOTAL AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INVERSIONES TOTALES																							
TERRENO		-	-																				
OBRA CIVIL			M2																				
	Pesaje	20	40																				
	Oficinas	20	92																				
	Almacén	20	900																				
	Patio de descargas	20	150																				
	Estacionamiento	20	88																				
	Patio de trabajo	20	1650																				
MAQUINARIA Y EQUIPO			PZA																				
Planta de composta																							
	Cargador frontal	10	2																				
	Mezcladora	10	1																				
Planta de separación																							
	Banda transportadora	5	13																				
	Compactadora	10	1																				
	Montacargas	10	1																				
	Cargador frontal	10	1																				
	Báscula	10	1																				
EQUIPO DE OFICINA			PZA																				
	Equipo de cómputo de escritorio	5	1																				
	Equipo de impresión y	5	1																				
	Radios de comunicación interna	5	6																				
	Mobiliario equipo para oficina	5	1																				
	Mobiliario y equipo servicios	10	1																				

VI. *Implementación de alternativas.*

Consiste en poner en marcha las ideas seleccionadas en la etapa anterior. El método para llevarlo a cabo dependerá de cada empresa y del tipo de proyecto que se quiera realizar, sin embargo hay algunos puntos importantes a considerar:

a) Identificación de barreras y facilitadores.

Se pueden definir como aquellos factores que impiden, limitan o permiten, parcial o totalmente, la implementación. El conocer estos factores facilitará el planteamiento de estrategias para lograr los objetivos.

Algunos de estos factores pueden ser:

- La actitud, conciencia y motivación del personal.
- Rotación de personal.
- La estructura organizacional.
- Sobrecarga de trabajo.
- Recursos insuficientes (mano de obra, elementos técnicos, recursos económicos)
- Recomendaciones muy complejas de comprender o con un costo muy alto de implementación.

b) Preparación de documentación.

Manuales y procedimientos que permitan a los involucrados conocer todo lo referente a la forma de manejo de los residuos o que se refieran a la aplicación de acciones preventivas y correctivas. También deben generarse documentos de control y registros históricos del manejo (NSF, 2001).

Este aspecto es importante para permitir que el conocimiento permanezca en la empresa permitiendo su consulta cuando sea necesario en lugar de que solo unos pocos lo conozcan y se dependa de ellos en forma excesiva.

c) Definir roles y responsabilidades.

En caso de que no exista, debe designarse un área o equipo de trabajo responsable del manejo de los residuos. Una vez que el personal clave (supervisores, gerentes, responsables de área) esté designado pueden definirse las funciones específicas que llevarán a cabo el resto de trabajadores (NSF, 2001).

d) Capacitación.

La primera fase de la capacitación consiste en transmitir a todos los involucrados los nuevos cambios en actividades, procesos y políticas respecto al manejo de residuos. Es importante considerar tanto a los empleados directos de la empresa como a los pertenecientes a empresas subcontratadas que se involucren directamente con el proceso (NSF, 2001).

Para que estos cambios se vuelvan parte de la cultura laboral de los involucrados es importante brindar todos los elementos que lo faciliten, tales como material visual de consulta, manuales, revisiones periódicas, etcétera.

La segunda fase se refiere a las necesidades específicas de entrenamiento, ya sea relacionadas con puntos clave del proceso, con monitoreo, con control operacional o cualquier otra necesidad.

e) Involucrar al personal responsable.

Es común que quienes más conocimiento tienen sobre los procesos, ya sea productivos o de manejo de residuos que sigue la empresa, sean los trabajadores; es por ello que pueden aportar información o sugerencias valiosas, de tal manera que es importante hacerlos partícipes del proyecto generando a su vez iniciativa y motivación en ellos.

VII. *Etapa de control.*

El control consiste esencialmente en medir las características relacionadas con los residuos, compararlas con las especificaciones o requisitos y cuando existe discrepancia, realizar las correcciones adecuadas.

El control y monitoreo puede ser necesario aun cuando no se hayan establecidos objetivos específicos para alguna actividad, un ejemplo de esto sería para asegurar el cumplimiento de algún parámetro normado o por política de la empresa.

Todo proceso o mejoría se aprecia únicamente mediante la comparación de datos antes y después de un cambio. Esta comparación entre el antes y después o entre el valor real de desempeño y lo fijado por una norma, permite una medición impersonal y precisa que puede usarse como base para informes o detección de fallas en el sistema (A. Klein, 1990).

Se puede tener el control tanto de elementos cuantitativos (variables) como cualitativos (atributos). En el control por variables las características que se controlan están

constituidas por mediciones precisas de dimensiones, mientras que en el control por atributos se realiza una clasificación entre los elementos que cumplen o no una cierta característica (Pérez, 2011).

El control por atributos tiene la ventaja de que permite considerar diferentes características al mismo tiempo. Por su parte, el control de variables aporta mayor información, permitiendo vigilar y cuantificar por separado la tendencia de los valores.

Un sistema de control adecuado permite la fácil detección de fallas en el sistema en cuanto se detecta algún valor o característica fuera de lo esperado; algunas de las herramientas empleadas para llevar a cabo este control son: los indicadores de desempeño, las listas de verificación y elementos estadísticos. El Anexo 9 contiene un panorama de dichas herramientas.

El punto más importante de esta etapa radica en la aplicación de acciones correctivas y preventivas una vez que se detecta alguna falla o punto a mejorar; es por ello que el sistema de gestión de residuos debe ser flexible para poder adaptarse o modificarse de acuerdo a lo que requiera la empresa.

Finalmente, se debe tener siempre en mente que este proceso es interactivo por lo que se debe revisar periódicamente que los elementos y procesos de control sigan siendo efectivos.

VII. *Documentación.*

Para asegurar que el sistema de gestión de residuos es entendible, opera como se diseñó y que los nuevos elementos de la empresa, o personas externas, puedan saber cómo se hacen las cosas, es necesario contar con la información adecuada.

a) Manual del sistema de gestión (NSF, 2001).

Consiste en la explicación de los procesos que se han implementado en la empresa, referentes al manejo de residuos de manera sencilla y clara. Este tipo de documentación se enfoca en ¿Qué se hace? Y ¿Cómo se hace?

No es necesario que el manual describa cada detalle, pero sí puede hacer referencia a otros documentos más detallados. Es importante que el manual se mantenga actualizado conforme se realizan cambios en el sistema de gestión.

b) Registros del sistema de gestión.

Sirven para demostrar con datos que se está haciendo lo que se describe en el manual. Ayudan a la etapa de control y sirven como registros históricos.

- **Tabla maestra de residuos.**

Consiste en una base de datos que contiene información de todos los RME generados en la empresa; es especialmente útil cuando se trata de una empresa que genera una gran variedad de residuos. Es importante que esta tabla esté a disposición de todos los involucrados para que puedan mantenerse en un mismo canal de comunicación.

En la tabla 6.4 se muestra un ejemplo de la información que puede contener una tabla maestra de residuos, pudiendo agregar o quitar campos según sea necesario. Como ejemplo, en dicha tabla se podrían agregar los campos de: destino final del residuo o empresa subcontratada para su manejo.

Tabla 6.4 – Ejemplo de una tabla maestra de residuos.

Nombre/clave	Tipo	Fuente de generación	Tasa de generación	Costo por manejo	Tipo de manejo

1. Nombre o clave del residuo.

Sirve para que el residuo sea fácilmente identificado por todas las áreas involucradas en su manejo. Evita que varios residuos sean descritos con el mismo nombre y eso cause confusión.

2. Tipo de residuo.

Presenta una breve descripción del residuo.

3. Fuente de generación.

Especifica el lugar donde se generó el residuo, puede ser un área de trabajo, proceso o una máquina específica.

4. Tasa de generación.

Dependiendo de cómo sea necesaria la información o cómo se lleve a cabo su cuantificación, puede presentarse un valor promedio de forma semanal, mensual o anual.

5. Costo asociado a su manejo.

Dependiendo de la unidad de tiempo en que se presente la tasa de generación, se presentará el costo asociado al manejo de cada residuo.

6. Tipo de manejo.

Consiste en una breve descripción de la forma en que se maneja cada residuo.

- **Tablas de control.**

Contienen la información que se está monitoreando por medio de indicadores, esto facilita su seguimiento y control, conformando una base de datos para la consulta histórica del desempeño medido.

- **Plan de manejo.**

Como se menciona en el capítulo II, los planes de manejo son documentos que la normatividad mexicana pide a las empresas generadoras de residuos. Consiste en un documento que muestra de manera sintetizada la forma de manejo de los residuos. En el apartado 5.4 de éste capítulo se presenta información más detallada.

6.2. CONSIDERACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS SIGUIENDO LAS ETAPAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS.

En este apartado se consideran seis secciones y es importante recalcar que no necesariamente se deben tomar en cuenta todos los puntos aquí descritos, eso dependerá del tipo de proyecto a realizar y de la organización de cada empresa.

I. Forma de manejo.

a) Definir la tecnología de manejo de cada residuo.

Se puede entender por “tecnología de manejo” el conjunto de conocimientos técnicos, equipos y procesos que se emplean para desarrollar determinada función. En el momento de elegir la tecnología que se empleará, hay que tomar en cuenta los resultados de la investigación de mercado, la flexibilidad de los procesos y la adquisición de equipos y maquinaria (Urbina, 2010). Es decir, que se debe establecer el flujo que seguirá cada residuo desde su generación así como el equipo, material y personal necesario para que se lleve a cabo.

b) Análisis del proceso de manejo.

Para que este análisis sea lo más completo posible es necesario describir en qué consiste cada etapa del proceso y representarlo en forma gráfica mediante:

- Diagramas de flujo con explicación.
- Diagramas de recorrido.
- Iconogramas.

En el Anexo 7 se presenta una descripción de cada uno de estos elementos.

La utilización de una tabla maestra de residuos puede ser un buen complemento a lo anterior. En la etapa de documentación del apartado 5.2 de este capítulo se muestra un ejemplo.

c) Intensidad de la mano de obra.

Los puntos a determinar son los siguientes:

- Número de trabajadores necesarios para cada operación del proceso de manejo de residuos, ya sea que formen parte de la empresa o que pertenezcan a una empresa externa contratada.
- El nivel de capacitación requerida para cada uno de esos trabajadores.
- Las funciones de cada trabajador realizará y tiempo que deberá dedicar a cada una de ellas.
- Cantidad de personal necesario por turno y por tarea a realizar.
- Determinar si es posible la rotación de personal, esto para lograr que el personal sea capaz de desempeñar cualquier operación, e incluso varias operaciones en el mismo turno. Con el fin de que cuando llegue a faltar alguien, los demás conozcan perfectamente lo que se debe hacer.

d) Frecuencia de actividades.

Se debe determinar la frecuencia por día o turno que se realiza cada operación del proceso de manejo. Esto involucra principalmente a las etapas de recolección, transporte y tratamiento.

e) Equipo y maquinaria necesarios.

Es importante definir la cantidad, el tipo y la función del equipo y maquinaria que interviene en las operaciones del proceso de manejo. Desde los contenedores empleados hasta algún equipo de compactación, de ser necesario.

f) Adquisición de equipos y maquinaria.

Cuando llega el momento de decidir sobre la compra de equipos y maquinaria, se deben tomar en cuenta una serie de factores que afectan directamente la elección:

- Proveedor.
- Precio.
- Dimensiones.
- Capacidad.
- Mano de obra necesaria.
- Costo de mantenimiento.
- Consumo de energía.
- Costo de fletes y seguros.
- Costo de instalación y puesta en marcha.
- Existencia de refacciones en el país.

g) Distribución de los elementos que conforman la gestión de residuos (Urbina, 2010).

Una buena distribución proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores.

Los principios básicos de la distribución son:

1. Integración total, consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan la distribución, para obtener una visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.
2. Mínima distancia de recorrido, al tener una visión general de todo el conjunto, se debe tratar de reducir en lo posible el manejo de residuos trazando el mejor flujo.
3. Seguridad y bienestar para el trabajador, éste debe ser uno de los objetivos principales en toda distribución.
4. Flexibilidad, se debe obtener una distribución fácilmente reajutable a los cambios futuros de ser necesario.

La distribución está determinada en gran medida por:

- Tipo de proceso productivo.
- Tipo de residuos generados.
- Volumen de los residuos generados.

Los elementos a considerar en esta distribución son: la ubicación de los contenedores dentro y fuera de las áreas de manufactura, la ubicación de las áreas de almacenamiento, la ubicación de los lugares donde se realiza algún tratamiento.

II. Generación.

En esta etapa se debe considerar:

- Tasas de generación (ver Anexo 10).
- El rendimiento de la materia prima por medio de balances de materiales.
- Determinación de los residuos valorables.
- Determinar qué residuos se separarán desde su generación y cuáles no.

III. Almacenamiento.

CONTENEDORES.

a) Dimensiones, capacidad y características.

Es necesaria la determinación las dimensiones, capacidad (ver Anexo 10) y características de los distintos contenedores empleados a lo largo de todo el proceso de manejo.

Las dimensiones y la capacidad deben estar en función del tipo, cantidad y volumen del residuo a contener, así como del tiempo que los residuos permanecerán en ellos. Mientras que el resto de características físicas dependerán de su funcionalidad, lugar de ubicación, método de recolección, política de etiquetado, entre otras consideraciones cualitativas.

- Contenedores por máquina.

Son aquellos que reciben a los residuos que van saliendo de las máquinas, ya sean rebabas, cortes o sobrantes de metales. Los contenedores deben estar adaptados a las distintas salidas que tienen las máquinas, pudiendo ir desde simples cajas metálicas hasta contenedores con mallas o rejillas para separar los solubles de los residuos metálicos.

- Otros contenedores dentro de las áreas de maquinado.

Son aquellos designados a los residuos que no se generan durante el proceso de maquinado pero que están presentes dentro de las plantas porque forman parte de los materiales de empaque o por la actividad cotidiana de los trabajadores. Algunos ejemplos de dichos residuos son: RSU, cartón, plástico y madera.

- Contenedores generales en zonas de almacenamiento.

Son los que en el transcurso del día recibirán los residuos que se fueron acumulando en los contenedores individuales, por lo que su capacidad debe ser suficiente para contenerlos el tiempo especificado.

- Contenedores de áreas sin maquinado.

Son los pertenecientes a las áreas en que no se realizan procesos de manufactura. Algunos ejemplos de estas áreas son: comedor, áreas verdes, áreas comunes y oficinas.

b) Ubicación de los contenedores.

Dependerá de la función que tenga cada contenedor, de la eficiencia que su ubicación brinda a los procesos de producción y de manejo de residuos, del espacio disponible y de las necesidades de cada área. Por ejemplo se pueden colocar “islas” de contenedores en lugares específicos dentro de las áreas de producción.

c) Método de diferenciación de contenedores.

Este punto se refiere al establecimiento de una forma de diferenciación de los contenedores; cada residuo que se maneje por separado desde su generación deberá contar con contenedores diferenciados y también se debe especificar un contenedor genérico para todos aquellos residuos que se manejarán de forma mezclada.

La forma de diferenciarlos debe ser visual, ya sea por medio de alguna leyenda que indique el tipo de residuo que contiene, pintándolos de algún color específico, o ambos.

d) Obtención de contenedores.

Dentro de las alternativas que se tienen para conseguir los contenedores están las siguientes:

- Elaboración dentro de la empresa.
- Compra.
- Reutilización de envases de materia prima como contenedores.

Debe analizarse que es más factible técnica y económicamente, pudiendo optarse por una sola de las alternativas o la combinación de ellas.

ALMACENES.

a) Etapas de almacenamiento.

Dependiendo del flujo que seguirá cada residuo, se deben establecer todas las etapas de almacenamiento que habrá en el proceso, pudiendo tener:

- Almacenamiento por áreas, ya sea en lugares con manufactura o sin ella.
- Almacenamiento primario, el cual puede consistir en un almacenamiento intermedio de poca duración si alguno de los residuos lo requiere.
- Almacenamiento final, donde permanecerán hasta que deban salir de la planta.

b) Determinación del tamaño de almacenes.

Se debe tomar en cuenta el tiempo que los residuos permanecerán en el almacén, la cantidad y dimensiones de los contenedores, la forma de almacenamiento, el espacio para maniobras y el procedimiento que seguirán para salir del almacén.

c) Determinación de las características del almacén.

Estas características se refieren a los elementos que tendrá el área de almacenaje como: iluminación, techo, paredes, divisiones, acceso, marcas de nivel de inventario, existencia de rampas o grúas, etcétera. Y dependen del tipo de residuo, las necesidades requeridas y los procesos de manejo involucrados.

d) Determinación de la ubicación de los almacenes.

En caso de que se cuente con varias opciones para su ubicación, la determinación se puede llevar a cabo mediante el método cualitativo por puntos, el cual se explica en el Anexo 10.

IV. Recolección.

a) Modo de recolección.

Se debe establecer la forma en que se llevará a cabo la recolección de cada residuo dependiendo de lo que sea más funcional. Hay que tomar en cuenta que la mayoría de los residuos son de gran peso debido por lo que difícilmente se podrán trasladar manualmente.

En el caso de las rebabas provenientes de los procesos de maquinado, conviene realizar una recolección manual de cada uno de los contenedores, diferenciando los residuos dependiendo del tipo de metal, y posteriormente recolectarlos por medio de montacargas.

b) Logística de la recolección.

Una vez que se ha decidido la forma en que se recolectará cada residuo, se debe definir toda la logística que conlleva, como: personal, equipo, vehículos, horarios o frecuencia, rutas, etcétera.

V. Transporte.

Este punto se refiere al transporte empleado para sacar los residuos de la empresa y llevarlos a su siguiente destino. De acuerdo a lo visto anteriormente existen dos posibilidades: que el transporte lo realice la misma empresa o que lo realice una empresa externa.

Algunos puntos a considerar en caso de que sea la misma empresa quien realice este transporte son:

- Frecuencia del transporte.
- los horarios.
- Encargados.
- Tipos de vehículos a usar.
- El destino.
- La ruta a seguir.
- El consumo de gasolina promedio.

Si se opta por la opción de que una empresa externa se encargue del manejo de los residuos a partir de este punto, también hay puntos a considerar como:

- La frecuencia.
- Los horarios.
- El destino.
- Las condiciones que pida de cada residuo a recolectar.
- La logística del servicio.

VI. Tratamiento.

Dependiendo de las características de cada empresa es posible que algunas puedan dar tratamiento a los residuos. En el caso de los residuos orgánicos, tanto del comedor como de jardinería, se podría optar por el compostaje, los residuos no metálicos podrían tener algún tratamiento de reducción de volumen como la compactación, mientras que los residuos metálicos podrían reciclarse ahí mismo (si se cuenta con los procesos e instalaciones necesarios).

Al plantearse la posibilidad de dar algún tratamiento a los residuos se debe asegurar que brindará beneficios, no solo ambientales, a la empresa; que se tiene el espacio requerido y que se cuenta con el asesoramiento adecuado.

VII. *Destino de los Residuos.*

Según las características de cada residuo y las alternativas que existen para ellos, se debe decidir cuál será el destino final de cada uno. Como muestran las tablas 3.1 y 4.1 la mayoría de los RME generados en la industria metalmecánica automotriz tienen la posibilidad de ser reciclados o de convertirse en materia prima de otros procesos, esto disminuye la cantidad de residuos que la empresa manda a rellenos sanitarios mientras se obtiene una ganancia de ellos.

En el caso de que sean empresas externas las que se encarguen de llevar los residuos a su siguiente destino, ya sea a otras empresas o a disposición final, es importante documentarlo en la tabla maestra de residuos. Es importante que el seguimiento que da cada empresa a sus residuos llegue a la etapa final y no se quede simplemente en un señalamiento de venta a una empresa externa de manejo.

6.3. PLAN DE MANEJO PARA RME.

El índice de esta propuesta de guía para la realización de planes de manejo, está basado en lo que marcan la legislación nacional y otras guías para la realización de planes de manejo.

I. *Índice del Plan de Manejo.*

1. Introducción.
 - Datos generales de la empresa.
 - Objetivos del plan.
 - Marco legal.
 - Modalidad del plan de manejo.
2. Descripción de los residuos objeto del plan.
3. Tipo y cantidad promedio anual generada por residuo.
4. Descripción del manejo de residuos.
 - Diagramas de flujo.
 - Recolección de los residuos.

- Almacenamiento de los residuos.
 - Empresas prestadoras de servicios que se encargan del transporte de los residuos.
5. Destino de los residuos.
 - Comercialización.
 - Reciclado, donación o coprocesamiento.
 - Disposición final.
 6. Medidas para prevenir la generación de RME o para su aprovechamiento dentro de los establecimientos industriales.
 7. Estrategias de prevención y contingencia.
 8. Mecanismos de control y monitoreo para el seguimiento del Plan.

II. Descripción de los puntos del Plan de Manejo.

1. Introducción.

- Datos generales de la empresa.

Consiste en la identificación del establecimiento industrial. Es obligatorio proporcionar esta información si el plan se presentará a las autoridades locales o federales. La tabla 1 del Anexo 12 presenta un formato para colocar dichos datos.

- Objetivos del plan.

Consiste en establecer los objetivos, general y específicos, que se pretenden lograr con la aplicación del plan de manejo.

- Marco legal.

En este punto se debe presentar una breve descripción de la legislación mexicana que está directamente involucrada con la realización del plan, tomando en cuenta los tipos de residuos mencionados en él.

- Modalidad del plan de manejo.

Consiste en mencionar a qué modalidades pertenece el plan de manejo de acuerdo a lo establecido por el reglamento de la LGPGIR (ver el punto 2.3 en el apartado “Panorama Nacional” del capítulo II).

2. Descripción de los residuos objeto del plan.

En esta sección se deberá informar acerca de los tipos de residuos que se incluyen en el plan de manejo, mencionando una breve descripción de ellos y su fuente de generación. La tabla 2 del Anexo 12 muestra un formato de ejemplo.

3. Tipo y cantidad promedio anual generada por residuo.

En este apartado se menciona la cantidad promedio anual de residuos generados por cada tipo de residuo descrito en la sección anterior. En la tabla 3 del Anexo 12 se presenta un formato de ejemplo.

4. Descripción del manejo de residuos.

- Diagramas de flujo.

De cada uno de los residuos que conforman el plan se debe presentar su forma de manejo a modo de diagrama de flujo. Si hay residuos que sigan el mismo patrón, se les puede incluir en un solo diagrama de flujo.

- Recolección de los residuos.

Consiste en informar acerca de las modalidades de recolección interna de los residuos y su transporte a los lugares de almacenamiento dentro del establecimiento comercial. La tabla 4 del Anexo 12 presenta un formato de ejemplo.

- Almacenamiento de los residuos.

En este punto se informa acerca de las modalidades de almacenamiento con las que cuenta el establecimiento industrial para almacenar los RME, en condiciones que prevengan su dispersión y la contaminación del ambiente, así como del tiempo promedio que tarda su envío a su destino final. En la tabla 5 del Anexo 12 se muestra un formato de ejemplo.

- Empresas prestadoras de servicios que se encargan del transporte de los residuos.

Aquí se deben dar a conocer los datos generales de las empresas públicas o privadas encargadas del transporte de los residuos fuera de los establecimientos industriales, las cuales deberán contar con un número de registro y/o autorización. En caso de que se cuente con transporte propio deberán proporcionarse sus datos y autorizaciones correspondientes. En la tabla 6 del Anexo 12 se puede ver un formato de ejemplo.

5. Destino de los residuos.

En esta sección se debe mencionar cuál es el destino de cada residuo. En la tabla 7 del Anexo 12 se muestra un formato para presentar estos datos.

- Comercialización.

En este punto se muestran los datos generales de las empresas comercializadoras a las que se vendan o entreguen residuos reciclables. En la tabla 8 del Anexo 12 se presenta un formato de ejemplo.

- Reciclado, donación o coprocesamiento.

En este punto se proporcionan los datos generales de las empresas recicladoras a las que se vendan o entreguen los residuos, de los posibles receptores de materiales donados, de las empresas que se encarguen de su coprocesamiento o de los establecimientos industriales que los reciban para utilizarlos como insumos en sus procesos. En la tabla 9 del Anexo 12 se puede ver un formato de ejemplo referido a empresas recicladoras.

- Disposición final de los residuos.

Aquí se indican los datos generales del sitio autorizado al que se envían los residuos. Para ver un formato de ejemplo ir a la tabla 10 del Anexo 12.

6. Medidas para prevenir la generación de RME o para su aprovechamiento dentro de los establecimientos industriales.

En este apartado se deben describir las opciones utilizadas para evitar la generación de residuos o para su reutilización y aprovechamiento interno.

7. Estrategias de prevención y contingencia.

Este punto se refiere a la descripción de medidas o planes adoptados para responder a cualquier evento que pudiera ocasionar problemas en el flujo de manejo de residuos, tales como: retraso en la recolección de residuos o inundaciones.

8. Mecanismos de control y monitoreo para el seguimiento del Plan.

Esta sección consiste en mencionar las estrategias utilizadas para el control, monitoreo y seguimiento del plan de manejo, tales como indicadores de desempeño.

En el Anexo 13 se encuentra el Plan de Manejo de la empresa que se estudió en el Capítulo IV, siguiendo la metodología presentada anteriormente.

Con esto se da por terminado el capítulo referente a la Propuesta de Metodología para la Gestión de Residuos, brindando las bases para que cualquier empresa del sector Metalmecánico Automotriz pueda desarrollar una estrategia integral para el manejo de los RME que generan. Dando paso al capítulo final de este trabajo que presenta las conclusiones.

7. CONCLUSIONES

- Se elaboró una metodología para la gestión integral de residuos sólidos industriales no peligrosos en el sector metalmecánico automotriz, basado en un caso estudio, para la realización de planes de manejo, cumpliendo con lo establecido en la normatividad mexicana.
- Se realizó un estudio diagnóstico de la gestión actual de residuos de manejo especial en la empresa en estudio. El cual sirvió como base para la elaboración de la metodología de gestión integral de residuos industriales no peligrosos en el sector metalmecánico automotriz.
- Se identificaron los diversos tipos de residuos generados en la empresa en estudio, junto con sus tasas de generación, de acuerdo a la información que la empresa proporcionó.
- Se seleccionaron los residuos que deben ser integrados al plan de manejo, según lo que marca la legislación nacional.
- Se establecieron mejores prácticas de manejo en la industria en estudio a partir de la observación de las actividades que allí se desarrollan y de la revisión bibliográfica.
- Se determinaron indicadores de desempeño para diferentes áreas, que sirven de apoyo para la evaluación de las mejores prácticas de manejo.
- A nivel internacional hay una tendencia marcada hacia el aprovechamiento y adecuado manejo de los residuos generados en las industrias, dando prioridad a su minimización y valorización.
- A nivel nacional hay información insuficiente sobre el manejo de RME, principalmente los provenientes de la industria, lo que dificulta el cumplimiento de lo establecido en la legislación nacional.
- Con base en la revisión bibliográfica y el trabajo de campo, se determinaron los RME típicamente generados en las industrias del sector metalmecánico automotriz.

- Como resultado del diagnóstico de la empresa en estudio: no se detectó algún incumplimiento con lo que marca la legislación nacional, por otra parte se pudo ver que la empresa tiene un sistema de gestión encaminado a la valorización de residuos, con una logística bien establecida.
- La realización de la caracterización in situ ha permitido establecer que los residuos metálicos son los de mayor índice de generación en este tipo de empresas, sobresaliendo con un 56.89% las rebabas y sobrantes de acero.
- Durante la realización del trabajo de campo hubo dificultades para la obtención detallada de la información requerida, dejando algunos faltantes en lo presentado en el capítulo IV y sus anexos. Esto se debió principalmente a la estructura de la organización y al apoyo limitado que brindó la empresa.
- La Propuesta de Metodología para la Gestión de Residuos brinda las bases para que las empresas del sector Metalmeccánico Automotriz puedan desarrollar una estrategia integral para el manejo de los RME que generan.
- Se elaboró el Plan de Manejo para la empresa en estudio, basado en la guía para la elaboración de planes de manejo que se desarrolló en la Metodología propuesta para la Gestión Integral de Residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Klein, N. G. (1990). *El análisis factorial, Guía para estudios de Economía Industrial*. México: Banco de México. Páginas 27 a 37.

Comisión Nacional Metropolitana, G. (1997). *Manual de minimización, tratamiento y disposición. Concepto de manejo de residuos peligrosos e industriales para el giro metalmeccánico*. México. Páginas 4 a 89.

Commission of the European Communities. (21 de 12 de 2005). *Summaries of UE legislation*. Recuperado el 17 de 04 de 2012, de Strategy on the prevention and recycling of waste: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/l28168_en.htm

CONAM. (2001). *Lima, Perú*. Recuperado el 07 de Junio de 2011, de Guía Metodológica para la Formación de Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos - PIGARS: <http://www.redrrss.pe/material/20090128201421.pdf>

Cortinas, C. (2010). *CCN, Ecologismo Ambientalismo Sustentabilidad*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2010, de Observaciones sobre el anteproyecto de NOM sobre Planes de Manejo: <http://www.cristinacortinas.net/>

DAMA. (s.f.). *Oportunidades de producción más limpia en el sector de metalmeccánica, guía para empresarios*. Recuperado el Marzo de 2011, de Departamento Técnico Ambiental del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia: <http://acercar.ambientebogota.gov.co/industria/biblioteca/MANUAL-DE-BUENAS-PRACTICAS/Oportunidades%20de%20producci%C3%B3n%20mas%20limpia%20en%20el%20sector%20de%20metalmeccanica.pdf>

Ecocycle Victoria. (2003). *USA*. Recuperado el 07 de Junio de 2011, de Towards Zero Waste, a solid industrial waste management plan for Victoria: http://www.sustainability.vic.gov.au/resources/documents/TZW_-_Towards_Zero_Waste_Full_Version_Draft_Solid_Industrial_Waste_Management_Plan_%282003%29.pdf

EPA. (1995). *Perfil de la industria de productos metálicos fabricados*. Estados Unidos: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Páginas 10 a 140.

EPA. (s.f.). *U.S. Environmental Protection Agency*. Recuperado el 17 de 04 de 2012, de Industrial Materials Recycling: <http://www.epa.gov/wastes/conservation/imr/index.htm>

INEGI. (2009). *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aeum/2011/aeum11_1.pdf
- INEGI. (2009). *Censos Económicos 2009*. Recuperado el 08 de Junio de 2011, de Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/saic/default.asp?s=est&c=17166>
- INEGI. (2011). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 04 de 01 de 2011, de <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=21385>
- INEGI. (1999). *XV Censo Industrial. Industrias Manufactureras, subsector 38*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Páginas 2 a 223.
- INEGI, I. N. (2002). *SCIAN México*. México: ISBN. Páginas 77 a 80 y 223 a 225.
- Japan Ministry of Environment. (04 de 2001). *Law for promotion of effective utilization of resources*. Recuperado el 17 de 04 de 2012, de <http://www.env.go.jp/en/laws/>
- LGEEPA. (1988). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Estados Unidos Mexicanos: Diario oficial de la federación.
- LPGGIR. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Estados Unidos Mexicanos: Diario Oficial de la Federación.
- LPGIREQ. (2004). *Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro*. Querétaro: La sombra de Arteaga.
- LRSDF. (2003). *Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. Distrito Federal: Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- NSF. (2001). *International Strategic Registrations*. Recuperado el 23 de abril de 2012, de Environmental Protection Agency : <http://www.epa.gov/owm/iso14001/ems2001final.pdf>
- Pérez, M. (2011). *Metodología Seis Sigma a través de EXCEL*. México D.F.: Alfaomega. Páginas 1 a 352
- Planta Coprosa Fanalosa S.A. (s.f.). *Plan de manejo de residuos sólidos*. Recuperado el 07 de Juno de 2011, de http://www.e-seia.cl/archivos/digital_solicitado_idEfRel570905_idDoc570851.pdf
- PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011. (2011). *Proyecto de Norma Oficial Mexicana*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Richmond Airport. (s.f.). *Vancouver, Canada* . Recuperado el 07 de Junio de 2011, de Construction Environmental Management Plan: http://a100.gov.bc.ca/appsdata/epic/documents/p208/d20716/1126123243392_9edbb9b09154407cb26cbe776245468d.pdf

RLGPGIR. (2006). *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Estados Unidos Mexicanos: Diario Oficial de la Federación.

RLPGIREQ. (2006). *Reglamento de la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro*. Querétaro: La sombra de Arteaga.

Rosales, E. (s.f.). *Instituto Nacional de Ecología (INE)*. Recuperado el 04 de 01 de 2011, de Manejo seguro y recuperación de los residuos industriales peligrosos: http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/35/manejo_seguro.html

Sampieri, C. y. (1991). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill. Páginas 4 a 78.

SEMARNAT. (2011). *El ambiente en números. Selección de estadísticas ambientales para consulta rápida*. México: Secretaría de Medio Ambiental y Recursos Naturales.

SEMARNAT. (2008). *Informe de la situación del medio ambiente en México, compendio de estadísticas*. México.

State of Georgia. (2003). *USA* . Recuperado el 07 de Junio de 2011, de Solid Waste Management Plan: <http://www.dca.ga.gov/development/EnvironmentalManagement/publications/GeorgiaStateSolidWastePlan.pdf>

Tchobanoglous. (1993). *Integrated Solid Waste Management, Engineering principles and management issues*. McGraw-Hill, Inc. Páginas 5 a 18

UNEP. (2009). *Osaka/Shiga, Japan*. Recuperado el 07 de Junio de 2011, de Developing Integrated Solid Waste Management Plan, Training Manual: http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/ISWMPlan_Vol1.pdf

Urbina, G. B. (2010). *Evaluación de proyectos*. México: McGraw Hill. Páginas 2 a 199

A. ANEXO 1

Elementos para la Formulación de Planes de Manejo de Grandes Generadores de Residuos Sólidos Urbanos (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011, 2011)

1. Elementos Generales.

Los elementos generales que debe contener el plan de manejo independientemente de su modalidad son:

1.1. Información general:

- 1.1.1. Nombre, denominación o razón social del solicitante.
- 1.1.2. Nombre del Representante legal.
- 1.1.3. Domicilio para oír y recibir notificación.
- 1.1.4. Modalidad del plan de manejo y su ámbito de aplicación territorial.
- 1.1.5. Residuo(s) objeto del plan.

1.2. Formas de Manejo integral propuestas para el residuo.

1.3. Metas de cobertura del plan, de recuperación o aprovechamiento del residuo, durante la aplicación del plan de manejo.

1.4. Descripción del destino final del residuo sea nacional o internacional.

1.5. Mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento del Plan.

1.6. De ser aplicable, especificar los participantes del plan y su actividad.

1.7. De ser aplicable indicar los mecanismos de difusión y comunicación a la sociedad en general.

2. Elementos Adicionales.

Los elementos adicionales que se consideren para la elaboración de los planes de manejo, atenderán a una o más de las modalidades establecidas en el artículo 16 del Reglamento, de acuerdo con lo siguiente:

2.1. Privados.

2.1.1. Descripción de la Infraestructura interna y externa involucrada.

2.1.2. De ser aplicable, descripción de las estrategias de prevención y minimización, que pueden ser:

- a) Sustitución de materias primas.
- b) Cambio de tecnología o
- c) Aplicación de mejores prácticas.

Todas las estrategias propuestas deben ser viables en términos técnicos, económicos y ambientales, así como las etapas y necesidades para la programación, implementación y operación del plan de manejo.

2.2. Mixtos.

- 2.2.1. Identificar las acciones de participación en el ámbito de sus respectivas competencias, de las autoridades, federal, estatal o municipal y del sujeto obligado para la aplicación del plan de manejo.
- 2.2.2. En su caso, descripción de los mecanismos de adhesión al Plan de Manejo.
- 2.2.3. Elaborar y firmar un convenio marco que permita dar certidumbre a los acuerdos alcanzados en el desarrollo del plan de manejo.

2.3. Individuales.

Los planes de manejo individuales deberán contener únicamente los elementos generales descritos en el numeral 1 y en su caso los del 2.1.

2.4. Colectivos.

- 2.4.1. Identificar las acciones de participación de cada uno de los involucrados para la aplicación del plan de manejo.
- 2.4.2. En su caso, descripción de los mecanismos de adhesión al Plan de Manejo.
- 2.4.3. En su caso, definir las estrategias para difundir y comunicar a los consumidores, las sugerencias y posibilidades existentes para prevenir y minimizar la generación del residuo sujeto a plan de manejo, así como las formas adecuadas para manejarlos, valorizarlos o acopiarlo.
- 2.4.4. Elaborar y firmar un convenio marco que permita dar certidumbre a los acuerdos alcanzados en el desarrollo del plan de manejo.

B. ANEXO 2

Elementos para la Formulación de Planes de Manejo de Grandes Generadores de Residuos de Manejo Especial (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011, 2011)

1. Elementos Generales.

Los elementos generales que debe contener el plan de manejo independientemente de su modalidad son:

- 1.1. Información general:
 - 1.1.1. Nombre, denominación o razón social del solicitante.
 - 1.1.2. Nombre del Representante legal.
 - 1.1.3. Domicilio para oír y recibir notificación.
 - 1.1.4. Modalidad del plan de manejo y su ámbito de aplicación territorial.
 - 1.1.5. Residuo(s) objeto del plan.
- 1.2. Diagnóstico del Residuo.
 - 1.2.1. Para los residuos de manejo especial generados en la actividad productiva, el diagnóstico deberá contener únicamente la cantidad de residuos generados expresado en toneladas por día o kilogramos por día.
- 1.3. Formas de Manejo integral propuestas para el residuo.
- 1.4. Metas de cobertura del plan, de recuperación o aprovechamiento del residuo, durante la aplicación del plan de manejo.
- 1.5. Descripción del destino final del residuo sea nacional o internacional.
- 1.6. Mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento del Plan.
- 1.7. De ser aplicable, especificar los participantes del plan y su actividad.
- 1.8. De ser aplicable indicar los mecanismos de difusión y comunicación a la sociedad en general.

2. Elementos Adicionales.

Los elementos adicionales que se consideren para la elaboración de los planes de manejo, atenderán a una o más de las modalidades establecidas en el artículo 16 del Reglamento, de acuerdo con lo siguiente:

- 2.1. Privados.
 - 2.1.1. Descripción de la Infraestructura interna y externa involucrada.

2.1.2. De ser aplicable, descripción de las estrategias de prevención y minimización, que pueden ser:

- a) Sustitución de materias primas.
- b) Cambio de tecnología o
- c) Aplicación de mejores prácticas.

Todas las estrategias propuestas deben ser viables en términos técnicos, económicos y ambientales, así como las etapas y necesidades para la programación, implementación y operación del plan de manejo.

2.2. Mixtos.

- 2.2.1. Identificar las acciones de participación en el ámbito de sus respectivas competencias, de las autoridades, federal, estatal o municipal y del sujeto obligado para la aplicación del plan de manejo.
- 2.2.2. En su caso, descripción de los mecanismos de adhesión al Plan de Manejo.
- 2.2.3. Elaborar y firmar un convenio marco que permita dar certidumbre a los acuerdos alcanzados en el desarrollo del plan de manejo.

2.3. Individuales.

Los planes de manejo individuales deberán contener únicamente los elementos generales descritos en el numeral 1 y en su caso los del 2.1.

2.4. Colectivos.

- 2.4.1. Identificar las acciones de participación de cada uno de los involucrados para la aplicación del plan de manejo.
- 2.4.2. En su caso, descripción de los mecanismos de adhesión al Plan de Manejo.
- 2.4.3. En su caso, definir las estrategias para difundir y comunicar a los consumidores, las sugerencias y posibilidades existentes para prevenir y minimizar la generación del residuo sujeto a plan de manejo, así como las formas adecuadas para manejarlos, valorizarlos o acopiarlo.
- 2.4.4. Elaborar y firmar un convenio marco que permita dar certidumbre a los acuerdos alcanzados en el desarrollo del plan de manejo.

C. ANEXO 3

Elementos para la Formulación de Planes de Manejo de Productos de Consumo que al Desecharse se Convierten en Residuos de Manejo Especial (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011, 2011)

1. Elementos Generales.

Los elementos generales que debe contener el plan de manejo independientemente de su modalidad son:

1.1. Información general:

- 1.1.1. Nombre, denominación o razón social del solicitante.
- 1.1.2. Nombre del Representante legal.
- 1.1.3. Domicilio para oír y recibir notificación.
- 1.1.4. Modalidad del plan de manejo y su ámbito de aplicación territorial.
- 1.1.5. Residuo(s) objeto del plan.

1.2. Diagnóstico del Residuo.

- 1.2.1. Para productos de consumo que al desecharse se convierten en residuos de manejo especial el diagnóstico deberá contener la cantidad generada o estimada del residuo e identificación de sus fuentes potenciales de generación; y además podrá contener:
 - 1.2.1.1. Principales materiales que componen el residuo.
 - 1.2.1.2. Manejo actual del residuo.
 - 1.2.1.3. Problemática ambiental asociada al manejo actual de residuos.
 - 1.2.1.4. Identificación del uso o aprovechamiento potencial del residuo en otras actividades productivas.

2. Elementos Adicionales.

Los elementos adicionales que se consideren para la elaboración de los planes de manejo, atenderán a una o más de las modalidades establecidas en el artículo 16 del Reglamento, de acuerdo con lo siguiente:

2.1. Privados.

- 2.1.1. Descripción de la Infraestructura interna y externa involucrada.
- 2.1.2. De ser aplicable, descripción de las estrategias de prevención y minimización, que pueden ser:

- a) Sustitución de materias primas.
- b) Cambio de tecnología o
- c) Aplicación de mejores prácticas.

Todas las estrategias propuestas deben ser viables en términos técnicos, económicos y ambientales, así como las etapas y necesidades para la programación, implementación y operación del plan de manejo.

2.2. Mixtos.

- 2.2.1. Identificar las acciones de participación en el ámbito de sus respectivas competencias, de las autoridades, federal, estatal o municipal y del sujeto obligado para la aplicación del plan de manejo.
- 2.2.2. En su caso, descripción de los mecanismos de adhesión al Plan de Manejo.
- 2.2.3. Elaborar y firmar un convenio marco que permita dar certidumbre a los acuerdos alcanzados en el desarrollo del plan de manejo.

2.3. Individuales.

Los planes de manejo individuales deberán contener únicamente los elementos generales descritos en el numeral 1 y en su caso los del 2.1.

2.4. Colectivos.

- 2.4.1. Identificar las acciones de participación de cada uno de los involucrados para la aplicación del plan de manejo.
- 2.4.2. En su caso, descripción de los mecanismos de adhesión al Plan de Manejo.
- 2.4.3. En su caso, definir las estrategias para difundir y comunicar a los consumidores, las sugerencias y posibilidades existentes para prevenir y minimizar la generación del residuo sujeto a plan de manejo, así como las formas adecuadas para manejarlos, valorizarlos o acopiarlo.
- 2.4.4. Elaborar y firmar un convenio marco que permita dar certidumbre a los acuerdos alcanzados en el desarrollo del plan de manejo.

D. ANEXO 4

Elementos mínimos que deben contener los planes de manejo de los macro generadores y grandes generadores de residuos en el estado de Querétaro (RLPGIREQ, 2006)

- I. Datos generales del generador;
- II. Los residuos objeto de los planes de manejo;
- III. Los procedimientos, métodos o técnicas que se emplearán en la reutilización, reciclado o tratamiento de los residuos;
- IV. Los convenios que se establezcan entre empresas para el intercambio de materiales susceptibles de aprovechamiento;
- V. Las empresas prestadoras de servicios que se ocuparán del manejo de los residuos;
- VI. Un cronograma enunciando las principales actividades y sus fechas de implementar, así como la periodicidad para la evaluación y entrega de actualizaciones;
- VII. El responsable de la implementación y seguimiento del desempeño ambiental de los planes de manejo correspondientes, y
- VIII. Los indicadores para evaluar el desempeño del plan de manejo.

E. ANEXO 5

Complemento de información sobre la generación de residuos en la empresa en estudio

Como se menciona en el Capítulo IV, la generación de residuos en la empresa puede dividirse en dos: la que proviene de la manufactura y la que se genera por el resto de actividades que se llevan a cabo en la empresa.

En ambos casos se realiza un desglose por fuente de generación y tipos de residuos generados. En este apartado se mencionan los RP generados (marcados con un *), pero no se les da seguimiento ya que no son parte del estudio de este trabajo.

- **Manufactura.**

Los residuos generados en los procesos de manufactura son separados desde su origen, colocándolos en contenedores específicos para darles el manejo adecuado en las siguientes etapas, de acuerdo al tipo de residuo.

1) *Área de forja.*

Dentro de esta área encontramos los procesos de corte, forja y un área de mantenimiento de herramientas. Las tablas E.1 y E.2 muestran listados de los diferentes residuos generados por área o fuente de generación. Con una breve descripción de los residuos que lo requieran.

Corte y Mantenimiento:

Tabla E.1 – Listado de los residuos generados en las áreas de corte y mantenimiento.

Fuente de generación	Residuos Generados
Corte	Polvo de acero
Mantenimiento de maquinaria, herramientas y equipo	Sobrante de barras de acero
	Residuos de soldadura
	Agua contaminada*
	Chatarra de herramientas
	Chatarra de maquinaria y equipo

Agua contaminada: Mezcla de agua con aceites. Pueden provenir de las máquinas o de la limpieza, con agua, de los pisos aceitosos. En la figura E.1 se puede ver la apariencia que tiene el agua contaminada con aceite.



Figura E.1 – Agua contaminada con aceite.

Forja:

Tabla E.2 – Listado de los residuos generados en el área de forja.

Fuente de generación	Procesos involucrados	Residuos Generados	
Forja	Recalcado	Material rechazado	
	Prensado	Cascarilla	
	Enfriamiento	Polvo de granalla	
	Granallado	Sobrantes de acero	
	Fosfatizado	Agua contaminada*	
	Lavado de herramientas	Lodos aceitosos*	
	Limpieza en general		Aceite usado*
			Material impregnado*
		Lodos de fosfatizado*	

Cascarilla: Capa de óxido que se forma durante los procesos de conformado en caliente, en este caso el forjado. Y que al retirarla de la pieza tiene una apariencia de pedazos de “cáscaras metálicas”, por ello su nombre. La figura E.2 muestra una foto de la cascarilla.



Figura E.2 – Cascarilla.

Polvo de Granalla: La granalla es un abrasivo utilizado para dar un buen acabado superficial a las piezas, en este caso para retirar la cascarilla que se formó en la superficie de las piezas. Al terminar el proceso de acabado, la granalla queda pulverizada. La figura E.3 muestra una foto del polvo de granalla.



Figura E.3 - Polvo de granalla.

Sobrantes de acero: Pedazos producto de los procesos de recalcado y prensado. En la figura E.4 se muestran dos fotos de los tipos de sobrantes que se pueden tener.



Figura E.4 - sobrantes de acero.

Lodos aceitosos: Mezcla de aceites lubricantes y de refrigeración con polvos metálicos y agua. En la figura E.5 se presenta una foto del tipo de lodos aceitosos generados en forja.



Figura E.5 - Lodos aceitosos producidos en forja.

Material impregnado: Pueden ser guantes de trabajo, estopa, trapos, etc. Impregnados de aceite. En la figura E.6 se puede ver una foto de material impregnado de aceite.



Figura E.6 - Material impregnado de aceite.

2) Planta 1.

Aquí se lleva a cabo el maquinado de diversas piezas y componentes que posteriormente pasarán al área de ensamble. En esta planta se trabaja con aluminio, bronce, aceros y

fundición. Se utilizan centros de maquinado integral donde se llevan a cabo diversos procesos para que la pieza quede lista.

En la tabla E.3 se presenta una lista de los residuos que aquí se generan.

Tabla E.3 – Listado de los residuos generados en Planta 1.

Fuente de generación	Procesos involucrados	Residuos generados
Planta 1	Mandrilado	Rebaba de fundición
	Torneado	Rebaba de aceros
	Maquinado integral	Rebaba de aluminio
	Limpieza y acabado	Rebaba de bronce
	Tratamiento térmico	Material rechazado
	Limpieza en general	Lodos abrasivos
		Cartón
		Lodos aceitosos*
		Agua contaminada*
		Aceite gastado*
	Material impregnado*	

Lodos abrasivos: Mezcla de residuos abrasivos, polvos metálicos y agua, formando lodos. Producto de los procesos de limpieza y acabado. En la figura E.7 se muestra una foto de los lodos abrasivos generados, aún con el papel filtro para separarlos lo más posible del agua.



Figura E.7 - Lodos abrasivos producto del maquinado.

Lodos aceitosos: Mezcla de aceites lubricantes y de refrigeración con polvos metálicos y agua. Producto de todos los procesos de maquinado. En la figura E.8 se puede ver una foto de los lodos aceitosos producto del maquinado, los cuales son separados de las

rebabas de metal mediante una coladera ubicada en el contenedor que recibe la mezcla de rebabas y lodos aceitosos.



Figura E.8 - Lodos aceitosos producto del maquinado.

3) Planta 2.

Se encarga de la manufactura de flechas. Se trabaja con aceros y fundición en máquinas herramientas individuales o en centros de maquinado integral. En la tabla E.4 se listan los residuos generados en esta planta.

Tabla E.4 – Listado de los residuos generados en Planta 2.

Fuente de generación	Procesos involucrados	Residuos generados
Planta 2	Rectificado	Material rechazado
	Limpieza de piezas	Polvo de granalla
	Tornos térmicos	Rebaba de fundición
	Maquinado de fundición	Rebaba de aceros
	Torneado	Lodos abrasivos
	Lavado	Cartón
	Fosfatizado	Plástico
	Empaque	Madera
		Agua contaminada*
		Lodos de fosfatizado*
		Solución de fosfatizado*

4) Planta 3.

Realiza la manufactura de engranes y otros componentes. Además del área de manufactura, cuenta con un taller de herramientas que se maneja de forma

independiente. En la tabla E.5 se muestra un listado de los residuos generados en esta planta.

Tabla E.5 – Listado de los residuos generados en Planta 3.

Fuente de generación	Procesos involucrados	Residuos generados
Planta 3	Maquinado con robots	Rebaba de aceros
Taller de herramientas	Centros de maquinado	Rebaba de fundición
	Tratamiento térmico	Rebaba de aluminio (TH)
	Máquinas herramientas del taller	Rebaba de bronce (TH)
		Material rechazado
		Lodos abrasivos
		Polvo de granalla
		Cartón
		Madera
		Plástico
		Aceite gastado*
		Material impregnado*
		Agua contaminada*
		Filtros para emisiones atmosféricas*

TH – Taller de herramientas.

5) *Ensamble.*

Aquí llegan todas las piezas producidas en las etapas anteriores, para que puedan ensamblarse y embarcarse. En la tabla E.6 se presenta una lista de los residuos que aquí se generan.

Tabla E.6 – Listado de los residuos generados en el área de Ensamble.

Fuente de generación	Procesos involucrados	Residuos generados	
Ensamble	Tratamiento térmico	Material rechazado	
	Ensamblado	Catón	
	Embarque		Madera
			Plástico
		Material impregnado*	
		Agua contaminada*	
		Aceite usado*	
	RP de tratamientos térmicos		

F. ANEXO 6

Complemento de información sobre la etapa de Almacenamiento en planta, en la empresa en estudio

Como se menciona en el Capítulo IV, los contenedores utilizados para los residuos metálicos generados en las áreas de producción son de diversas geometrías dependiendo del área y la máquina en que se encuentren. Todas las áreas cuentan con contenedores para cartón, RSU, abrasivos y RP, en las zonas designadas.

En el caso específico de los contenedores para rebabas, son tan variados que resulta complicado mencionarlos todos, por lo que se mostrarán algunos y se dirán sus características generales.

- **Contenedores para rebabas.**

Su capacidad y características varían dependiendo de las necesidades requeridas, pueden tener o no: ruedas, patas para darle altura, manubrio o asas para moverlo, rejilla para separar los solubles de las rebabas, entradas para montacargas o alguna pared con ángulo de inclinación. Estas características aplican para los contenedores de las 3 plantas, por lo que la diferencia entre ellos, por área de trabajo donde se encuentren, radica en la forma de identificación.

En la tabla F.1 se presenta las dimensiones de tres contenedores con forma de caja empleados para rebabas.

Tabla F.1 – Características de contenedores para rebabas.

Tipo de Residuo	Dimensiones de los contenedores				Cuenta con
	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Volumen [m ³]	Ruedas
Rebaba de fundición	0.70	0.70	0.45	0.22	Sí
Rebaba de aluminio	0.64	0.64	0.59	0.242	Sí
Rebaba de bronce	1.02	0.52	0.54	0.286	No

En los siguientes puntos se mostrarán y darán características específicas de los contenedores que se utilizan en cada área de trabajo.

1) Área de forja.

Para los sobrantes de material y las piezas rechazadas, se utilizan cajas metálicas descubiertas de la parte superior. Tienen entradas para montacargas en la parte inferior y sus medidas, en promedio, son las siguientes:

Largo: 0.84 m.

Ancho: 0.87 m.

Altura: 0.62 m.

Volumen: 1.38 m³.

Estos contenedores no se encuentran rotulados o pintados, se diferencian de los de materia prima por el tipo de material que forma sus paredes. Los de materia prima son de reja cuadrículada mientras que los de residuos son de láminas gruesas. En la figura F.1 se puede ver uno de los contenedores para residuos utilizados en forja.



Figura F.1 - Contenedor para residuos metálicos generados en forja.

En el caso del área de mantenimiento, se utilizan contenedores del resto de las áreas, dependiendo de las características que tengan las piezas o partes de maquinaria que se vayan a desechar.

2) Planta 1.

Para las rebabas se utilizan contenedores en su mayoría con forma de caja. Todos se encuentran rotulados con el tipo de residuo que le corresponde, aunque no todos los contenedores están pintados de ese color.

En la figura F.2 (a) se muestra un ejemplo de contenedor con una geometría diferente, empleado para almacenar rebabas de fundición. La misma figura (b) se puede ver el contenedor para rebaba de bronce mencionado en la tabla F.1. Como puede apreciarse, no están pintados del color correspondiente, pero cuentan con una etiqueta de identificación en el color que corresponde al tipo de residuo.



Figura F.2 - Contenedores para rebaba empleados en Planta 1.

3) Planta 2.

En este caso se asigna un contenedor para rebabas y uno para lodos abrasivos por máquina. Los contenedores para rebabas son difíciles de indentificar ya que no siempre siguen el código de colores que marca la empresa. Algunos tienen franjas de colores que identifican al contenedor como parte de la planta 2 o simplemente cuentan con una fraja con el color asignado. Pero la mayoría son de color azul sin etiquetas o rótulos de identificación, lo que puede propiciar la mezcla de rebabas en el momento de la recolección. En la figura F.3 se ilustra lo descrito anteriormente.

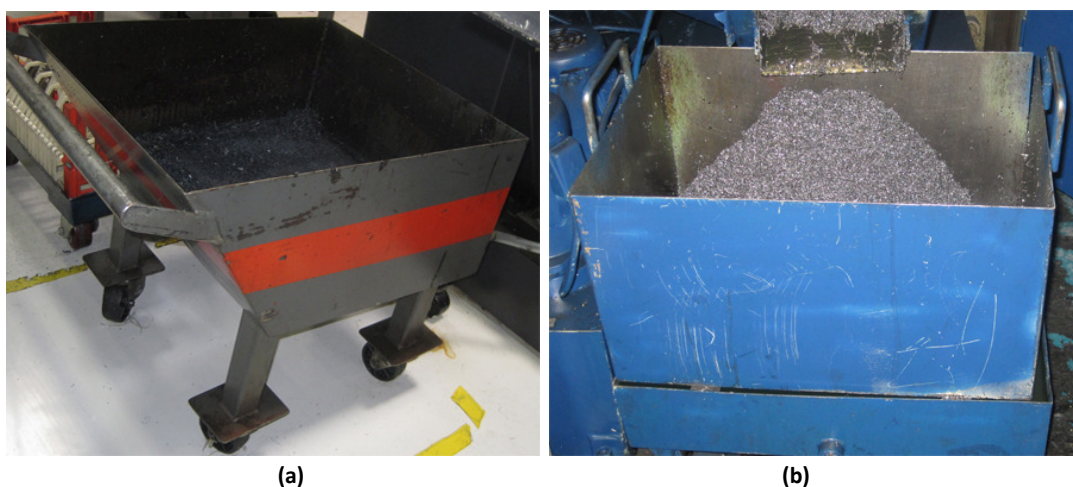


Figura F.3 - Contenedores para rebaba empleados en Planta 2.

4) Planta 3.

La identificación de los contenedores puede ser con una franja del color designado o pintados completamente con un una leyenda. Igual que en las plantas anteriores, cada máquina cuenta con un contenedor para rebabas. En el caso del taller de herramientas, todos los contenedores están completamente pintados del color correspondiente y cuentan con una etiqueta de identificación.

En la figura F.4 (a) se muestra un contenedor para rebaba de acero usado en planta 3 y (b) se presenta uno para rebaba de aluminio usado en el taller de herramientas.



(a) (b)
Figura F.4 - Contenedores para rebaba empleados en Planta 3.

G. ANEXO 7

Herramientas que pueden utilizarse en la recopilación y análisis de datos

En este apartado solo se mencionan de forma general algunas herramientas, su uso dependerá del tipo de análisis que se quiera realizar y se pueden incluir otras que no están aquí listadas.

Diagramas de flujo de los procesos (Pérez, 2011), que consiste en una representación gráfica de las distintas etapas de un proceso de fabricación, gestión, administrativo o de servicios, consideradas en orden secuencial (la figura 4.2 muestra un ejemplo).

Suelen utilizarse para mejorar el entendimiento común de un proceso, estandarizarlo y documentarlo, identificando sus puntos de medición, fuentes de variación y generar ideas respecto a su mejora.

Diagramas de recorrido (Urbina, 2010), muestra con una gráfica la ruta que recorre el residuo, desde su generación hasta su destino final. Algunos programas de computación comerciales permiten hacer estos estudios con mucha facilidad, pues se puede dibujar toda la maquinaria y equipo del proceso, simulando después el movimiento permitiendo de una manera rápida y eficiente obtener una representación del proceso.

Iconograma (Urbina, 2010), Es la representación de un proceso por medio de imágenes estilizadas de todos los componentes de un proceso, lo cual incluye hombres, máquinas y medios de transporte de materiales.

Diagramas de Ishikawa (Pérez, 2011), también llamado diagrama causa-efecto. Se utiliza para representar gráficamente los factores que afectan a un problema y poder tomar acciones correctivas. Las causas principales que intervienen en el efecto son: Materiales, Métodos, Máquinas y Mano de obra. Aunque el diagrama siempre está abierto a todas las causas posibles.

Diagrama de Pareto (Pérez, 2011), se utiliza para identificar aquellas características que afectan directamente el objeto de estudio; jerarquizándolas y clasificándolas por orden de importancia. Su uso más común se da cuando es necesario ordenar una serie de

problemas o condiciones en orden de importancia relativa para seleccionar el punto de arranque de la actividad de resolución de problemas, identificando sus causas básicas.

También se utiliza cuando sea necesario relacionar causas y efectos, comparando un gráfico de Pareto clasificado por causas con otro clasificado por efectos. Adicionalmente se utiliza para evaluar una mejora o reforma comparando los datos anteriores a ésta con los posteriores.

Histogramas (Pérez, 2011), son una representación visual de los datos de una característica del objeto de estudio, en la que pueden observarse tres propiedades esenciales de una distribución como son: forma, tendencia central o acumulación y; dispersión o variabilidad.

Gráficos de tendencia (Pérez, 2011), son instrumentos que muestran la variación de datos con respecto al tiempo. Permite identificar su evolución futura, lo que ayuda al diseño y a la planificación.

Otras Gráficas (Pérez, 2011), es importante la utilización de gráficas basadas en los datos para una rápida visualización y mejor entendimiento de elementos como porcentajes de generación, frecuencias de generación, composición de los residuos, entre otros. Pueden ser gráficas de barras, de sectores, de tendencias, de frecuencia, etcétera.

Matriz causa-efecto, tiene por objetivo calificar y priorizar las diferentes variables del proceso, se suele utilizar cuando se requiere tomar decisiones con base en criterios múltiples. Para su elaboración se debe realizar lo siguiente:

- Definir las alternativas que van a ser jerarquizadas (pueden tomarse del diagrama causa-efecto).
- Definir los criterios de evaluación.
- Definir el peso y escala de cada criterio.
- Valorar cada alternativa.

Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF), es una metodología utilizada para reconocer y/o identificar fallas potenciales de un proceso, diseño o concepto. Generalmente se realiza en la planificación con el propósito de eliminar o minimizar el riesgo asociado a las fallas.

Sus objetivos son: reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales, determinar los efectos de esas fallas, identificar las acciones que podrían eliminarlos o minimizarlos, analizar la confiabilidad del sistema y documentar el proceso.

Escalas de apreciación o tablas de evaluación (A. Klein, 1990), permiten asignar valores numéricos a observaciones originalmente cualitativas. Aunque es un método sistematizado, no es un procedimiento científico. Al utilizar este tipo de tablas deben fijarse los siguientes puntos:

- Los componentes a tomarse en cuenta.
- La determinación del peso de ponderación de cada componente.

Lluvia de ideas, es una técnica de grupo que permite la obtención de un gran número de ideas sobre un determinado tema de estudio de forma estructurada y sistemática. Favorece la obtención de ideas innovadoras que generalmente son variaciones, reordenamientos o asociaciones de conceptos e ideas ya existentes.

Análisis estadístico de relación entre características cuantitativas (Pérez, 2011), se utiliza cuando se quiere estudiar conjuntamente dos características cuantitativas, X e Y en un proceso. Para ello se selecciona una muestra de tamaño N y se somete a observación, disponiendo los resultados en una tabla de doble entrada llamada “tabla de correlación”. A partir de esa tabla es posible obtener el coeficiente de correlación lineal, que está dado por la siguiente expresión:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^k (x_i - \bar{x})(y_j - \bar{y})n_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^h (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^h (y_i - \bar{y})^2}}$$

Si:

r = 1; existe correlación perfecta positiva.

r = -1; existe correlación perfecta negativa.

r = 0; la correlación es nula.

Análisis estadístico de la relación entre características cualitativas (Pérez, 2011), se utiliza cuando se quiere estudiar conjuntamente dos características cualitativas, X e Y en un proceso. Para ello se selecciona una muestra de tamaño N y se somete a observación, disponiendo los resultados en una tabla de doble entrada llamada “tabla de contingencia”. En el caso de estas variables la falta de independencia suele denominarse asociación, el grado de asociación entre variables se denomina “coeficiente de asociación” y puede obtenerse mediante:

- Cuadrado medio de la contingencia.
- Coeficiente de contingencia C de K.
- Coeficiente T de Tschuprow.
- Coeficiente V de Cramer.
- Coeficiente Lambda de Goodman y Kruskal.

Modelos del análisis de la variancia (Pérez, 2011), es una técnica estadística utilizada para analizar la relación entre una variable dependiente cuantitativa y varias variables independientes cualitativas. Para analizar la relación entre una sola variable de cada tipo puede utilizarse el modelo ANOVA de un solo factor.

H. ANEXO 8

Análisis Costo-Beneficio

Inversiones fijas:

El siguiente es un ejemplo de cómo presentar los costos de las inversiones fijas:

Tabla H.1 – Inversiones fijas.

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
INVERSIONES FIJAS				-
<u>TERRENO</u>	m ²	-	-	-
<u>OBRA CIVIL</u>				
Área de pesaje	m ²			
Oficinas	m ²	-	-	-
Almacén	m ²			
Patio de descargas	m ²			
Estacionamiento	m ²			
Patio de trabajo	m ²			
<u>MAQUINARIA Y EQUIPO</u>				-
Cargador frontal	PZA			
Cribadora	PZA			
Banda transportadora	PZA			
Compactadora	PZA			
Montacargas	PZA			
Cargador frontal	PZA			
Báscula	PZA			
<u>EQUIPO DE OFICINA</u>				-
Equipo de cómputo de escritorio	LOTE			
Equipo de impresión y fotocopiado	LOTE			
Radios de comunicación interna	LOTE			
Mobiliario equipo para oficina	LOTE			
Mobiliario y equipo servicios médicos	LOTE			

Inversiones diferidas:

Tabla H.2 – Inversiones diferidas.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
INVERSIONES DIFERIDAS				
LICENCIAS Y PERMISOS				
Documentación y asuntos administrativos	1			→ 2.5% sobre las inversiones fijas
IMPREVISTOS				
Permiso de uso de suelo, etc.	1			→ 1.5% sobre las inversiones fijas

Capital de trabajo:

Tabla H.3 – Mano de obra.

MANO DE OBRA					
PERSONAL	TURNOS/DÍA	CANTIDAD	SALARIO UNITARIO	SALARIO MENSUAL	TOTAL ANUAL
DIRECTA					
Supervisor de planta					
Operador de maquinaria					
Operador de bandas (manuales)					
SUMA					
INDIRECTA					
Mecánico					
Ayudante en general					
Ayudante de mecanico					
SUMA					
SUBTOTAL					
2% sobre nómina					
2.5 IMSS					
5% INFONAVIT					
Total (incluye impuestos, IMSS, Infonavit)					

Tabla H.4 – Mano de obra (continuación).

MANO DE OBRA					
PERSONAL	TORNOS/DÍA	CANTIDAD	SALARIO UNITARIO	SALARIO MENSUAL	TOTAL ANUAL
INDIRECTA					
Jefe administrativo					
Secretaria					
Vigilante					
<i>SUMA</i>					
SUBTOTAL					
2% sobre nómina					
2.5 IMSS					
5% INFONAVIT					
Total (incluye impuestos, IMSS, Infonavit)					

Tabla H.5 – Insumos.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (anual)	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (miles de \$)
INSUMOS				
	-			-
Combustible				-
Energía eléctrica				-
Teléfono				-
Consumo de agua				-
Papelería y artículos de limpieza				-
OTROS				
				-
Uniformes M.O.				
Capacitación				
Mantenimiento de instalaciones				
Seguro de vida				

Depreciaciones y amortizaciones:**Tabla H.6 – Depreciaciones y amortizaciones.**

Concepto	Valor	Vida útil (años)	%	Total
DEPRECIACIONES				
Cargador frontal		10		
Cribadora		10		
Banda transportadora		5		
Compactadora		10		
Montacargas		10		
Cargador frontal		10		
Báscula				
EQUIPO DE OFICINA				
Equipo de cómputo de escritorio		5		
Equipo de impresión y fotocopiado		5		
Radios de comunicación interna		5		
Mobiliario equipo para oficina		5		
Mobiliario y equipo servicios médicos		5		
AMORTIZACIONES				
Licencias y permisos				
Imprevistos				

Nota: Los valores de la vida útil son los señalados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Análisis Financiero:**Tabla H.7 – Flujo de estado de resultados.**

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ingresos por ventas										
Costo de venta										
Utilidad bruta										
Utilidad de operación										
ISR (30%)										
PTU (10%)										
Utilidad neta										

I. ANEXO 9.

Herramientas que pueden utilizarse en la etapa de control

Herramientas de control estadístico (Pérez, 2011).

1) *Gráficos de control por variables.*

Se elaboran para representar de una forma ordenada y cronológica la información recogida a lo largo de un período de tiempo. La interpretación visual directa de la gráfica permite apreciar fácilmente si los datos son normales o no, o si están conformes con los resultados esperados. Los gráficos de control por variables más importantes son: el de medias \bar{X} , el de rango R, el de desviaciones típicas S, el de varianzas S^2 y el de medias individuales X.

2) *Gráficos de control por atributos.*

Se aplican cuando no se pueden obtener datos de medición o cuando las características a evaluar son cualitativas. Se pueden examinar varias características simultáneamente y los resultados suelen expresarse en términos de porcentaje.

3) *Inspección por muestreo de variables.*

Su finalidad es medir las características del elemento a partir de una muestra y compararlas con las normas o especificaciones. Con esto se pretende no tener que realizar un análisis al cien por ciento.

4) *Planes de muestreo por atributos.*

El muestreo simple consiste en inspeccionar muestras aleatorias y observar los elementos que no cumplen con ciertas características. También puede realizarse un muestreo doble, que consiste en dos fases; en la primera se realiza un muestreo inicial donde se pueden tomar tres decisiones: aceptar, rechazar o tomar una segunda muestra. La segunda fase inicia si se decide tomar una segunda muestra tomando la decisión final de aceptación o rechazo combinando la información obtenida en ambas fases.

Lista de Verificación (checklist).

Es un documento que sirve para analizar, verificar o comprobar distintos requisitos de forma rápida. Utilizadas de manera adecuada pueden brindar las siguientes ventajas:

- Promueven la planificación de la revisión.

- Actúan como un plan de muestreo y un administrador de tiempo.
- Sirven como ayuda de memoria, garantizando que se obtenga la información necesaria.
- Se pueden utilizar como bases de información para revisiones futuras.

Indicadores de desempeño.

Son un instrumento de medición que permite dar seguimiento y evaluar el cumplimiento de parámetros establecidos para diferentes elementos, así como determinar las relaciones y tendencias de dichos elementos. Deben estar enfocados en medir aspectos claves del sistema y se debe establecer su frecuencia de medición.

Una buena manera de establecer indicadores de control por primera vez, es focalizando los puntos de atención y no tratar de abarcar todo desde un inicio. Es mejor establecer pocos indicadores pero que sean los más relevantes e ir incrementándolos conforme avanza el tiempo, a tener tantos que sea muy complicado medirlos y analizarlos.

Sus principales características son que deben ser: simples, objetivos, medibles y relevantes.

Los pasos básicos para elaborar indicadores son:

- Establecer los objetivos de la medición.
- Identificar los ámbitos de desempeño relevantes a medir (en este caso son las etapas de gestión de residuos).
- Identificar las dimensiones del desempeño a medir (eficacia, calidad, eficiencia y economía).
- Establecer las variables del objetivo a medir.
- Establecer referentes comparativos.
- Construir fórmulas o algoritmos.
- Recopilar la información necesaria.
- Validación de indicadores (relevancia, homogeneidad, independencia, simplicidad, confiabilidad, independencia, entre otros).
- Analizar los resultados obtenidos.

A continuación se presentan algunos ejemplos de indicadores:

1) *Generación:*

- Tasas de generación.
- Tasas de minimización.

Comparación entre dos tasas de generación del mismo residuo medidas en diferentes períodos de tiempo, en las mismas unidades.

$$Tasa\ de\ min\ \left[\frac{kg}{mes} \right] = TG_1 \left[\frac{kg}{mes} \right] - TG_2 \left[\frac{kg}{mes} \right]$$

- Porcentaje de maquinaria próxima a ser residuo.

Este indicador debe analizarse junto con otras variables como: frecuencia de utilización de la maquinaria, si son obsoletas respecto a la tecnología actual o si se cuenta con los recursos para sustituirlas.

$$\% Maq_R = \frac{M_{+15} - M_{-15}}{M_{+15}} \times 100$$

Donde:

Maq_R = maquinaria vieja o próxima a ser residuo.

M₊₁₅ = maquinaria que tiene más de 15 años de vida.

M₋₁₅ = maquinaria que tiene menos de 15 años de vida.

- Porcentaje de materia prima que se vuelve residuo.

Este tipo de materia prima es aquella que no puede integrarse al proceso productivo ya sea por un exceso en inventario o porque lleva en almacenamiento tanto tiempo que ya no es necesaria para el proceso.

$$\% MP_R = \frac{MP_O}{MP_T} \times 100$$

Donde:

MP_R = materia prima que se vuelve residuo.

MP_O = materia prima obsoleta.

MP_T = materia prima total.

MP_O y MP_T deben referirse al mismo tipo de materia prima.

- Grado de utilización de materiales.

Esta información también se obtiene con los balances de materiales.

$$GU_M = \frac{\text{Residuos}}{MP} \times 100$$

2) *Personal:*

- Horas-Hombre dedicadas al manejo de residuos.

Esto es útil cuando los trabajadores no se dedican únicamente al manejo de residuos. Deben contabilizarse las horas que invierte cada trabajador en el manejo de residuos, obteniendo una suma final de horas o un promedio por trabajador.

3) *Recolección:*

- Número de residuos que se recolectan de forma diferenciada.
- Número de reportes de contenedores con residuos mezclados cuando deberían estar diferenciados.

4) *Transporte:*

- Influencia de la ubicación de la fábrica.

Este indicador es útil en caso de que la empresa transporte ella misma los residuos hacia un punto de venta ya sea para su reciclaje o su uso como materia prima de otro proceso.

$$Inf_{UF} = \frac{\text{Gastos totales de transporte}}{\text{Costo de lo vendido}}$$

5) *Financieros:*

- Ganancia por el manejo diferenciado y venta de un residuo.

$$Ganancia_{Residuo} = Ganancia\ por\ venta - Costo\ de\ manejo$$

- Pérdida por materia prima obsoleta (en caso de que esa materia prima se considere residuo).

$$Pérdida_{MPo} = Costo_{MP} + Costo_{Manejo}$$

- Margen de utilidad.

Se refiere al beneficio que se obtiene por unidad de residuo (kilogramo de cartón, tonelada de acero, etcétera).

$$\text{Margen de utilidad} = \frac{\text{Ganancia por venta} - \text{costo de manejo}}{\text{Ganancia por venta}} \times 100$$

J. ANEXO 10.

Herramientas que pueden utilizarse para las consideraciones Técnico-Operativas

Tasa de generación, es la cantidad promedio que genera una unidad o componente de una fuente de generación en la unidad de tiempo.

La forma más sencilla de determinarlas en la industria metalmecánica automotriz es basándose en los datos históricos con que cuenta la empresa, estos datos suelen ser reportados de manera mensual. De no contar con dicha información, se deberá calcular manualmente determinando la cantidad de kilogramos que se generan de cada residuo por unidad de tiempo, ya sea semanal o mensualmente.

Dado que la mayoría de los residuos generados en este tipo de industrias son metales, puede resultar complicado pesarlos, por lo que pueden realizarse estimaciones pesando algunas muestras y extrapolando esos resultados. A continuación se presenta un ejemplo:

Tabla J.1 – Ejemplo para calcular tasas de generación.

Núm. De contenedor	a [kg]	b [kg]	c [kg]	d	T.G. [kg/día]
1					
2					
3					

Donde:

a = Peso del contenedor vacío.

b = Peso del contenedor lleno del residuo.

c = Peso neto del residuo, obtenido por $b - a$.

d = número de contenedores que se llenan al día.

T.G = tasa de generación, obtenido por c/d .

Si se asegura que el peso de los contenedores vacíos no tendrá variaciones, pueden pesarse una sola vez.

En el caso de residuos mezclados deberá realizarse una separación antes de pesarlos.

Volumen de los contenedores.

Se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$V = \left(\frac{G}{VW} \right) \left(\frac{1}{f} \right) F$$

Donde:

V = volumen [m³].

TG = Tasa de generación [kg/día].

VW = Peso volumétrico, [kg/m³].

f = Frecuencia de recolección.

F = Factor de seguridad (1 a 3), generalmente se utiliza 1.5.

Método cualitativo por puntos (Urbina, 2010), Consiste en asignar factores cuantitativos a una serie de factores que se consideran relevantes para la localización. Esto conduce a una comparación cuantitativa de diferentes sitios. El método permite ponderar factores de preferencia. Se sugiere aplicar el siguiente procedimiento para jerarquizar los factores cualitativos:

- Desarrollar una lista de factores relevantes.
- Asignar un peso a cada factor para indicar su importancia relativa (los pesos deben sumar 1.00), y el peso asignado dependerá exclusivamente del criterio de quien aplica el método.
- Asignar una escala común a cada factor (por ejemplo, de 0 a 10) y elegir cualquier mínimo.
- Calificar a cada sitio potencial de acuerdo con la escala designada y multiplicar la calificación por el peso.
- Sumar la puntuación de cada sitio y elegir el de máxima puntuación.

La ventaja de este método es que es sencillo y rápido, pero su principal desventaja es que tanto el peso asignado, como la calificación que se otorga a cada factor relevante, dependen exclusivamente de las preferencias de quien realiza el método.

Algunos ejemplos de factores relevantes que pueden utilizarse en este método son:

- Distancia referente a fuentes de generación.
- Espacio disponible.
- Facilidades técnicas.
- Vías de comunicación.

Tabla J.2 – Ejemplo del método cualitativo por puntos.

Factor relevante	Peso asignado	Sitios evaluados			
		A		B	
		Calificación	Calif. ponderada	Calificación	Calif. ponderada
1					
2					
3					
4					
Suma	1.00				

K. ANEXO 11.

Diagrama de flujo de la Propuesta de Metodología para la Gestión Integral de RME en el sector Metalmeccánico Automotriz

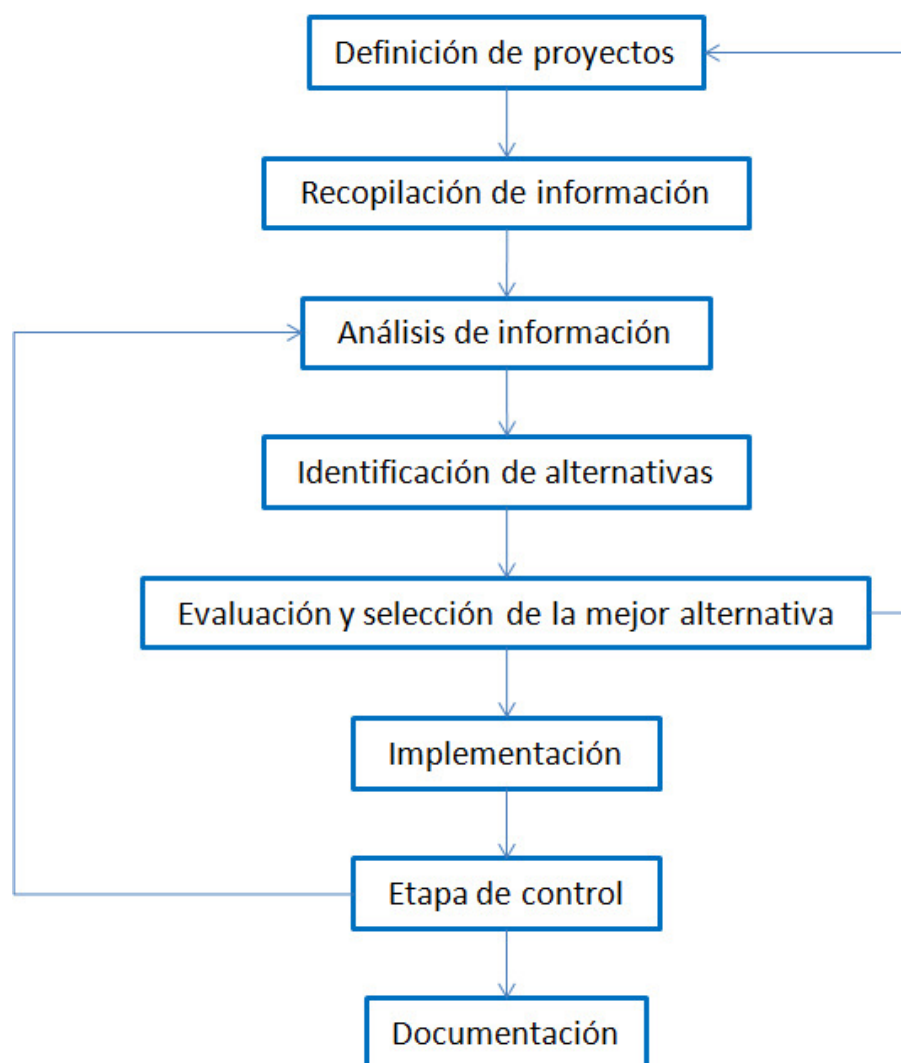


Figura K.1 – Diagrama de flujo de la Metodología propuesta para la Gestión Integral de residuos.

L. ANEXO 12.

Formatos para la información presentada en Planes de Manejo

Tabla L.1 – Formato para datos generales de la empresa que realiza el Plan de Manejo.

DATOS GENERALES DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL		
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:	DOMICILIO: (Calle, número, colonia, C.P. y ciudad):	
	Teléfono y Fax:	Correo electrónico:
REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES (RFC):		
DOMICILIO PARA RECIBIR NOTIFICACIONES E INFORMACIÓN RELEVANTE: Calle y No: _____ Colonia: _____ C.P. _____ Ciudad: _____ Teléfono, fax: _____ Correo electrónico: _____		
ACTIVIDAD PRINCIPAL DEL ESTABLECIMIENTO O EMPRESA:		
ACTIVIDAD SECUNDARIA DEL ESTABLECIMIENTO O EMPRESA:		
SI PERTENECE A ALGUNA ASOCIACIÓN INDIQUE CUAL:		
Fecha: día <input type="text"/> mes <input type="text"/> año <input type="text"/>	Nombre y firma del responsable legal de la Institución Nombre y firma del responsable técnico de la elaboración y monitoreo del Plan de Manejo	

Tabla L.2 – Formato para la descripción de los residuos incluidos en el plan de manejo.

DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS OBJETO DEL PLAN		
TIPO DE RESIDUO	DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO	FUENTE DE GENERACIÓN

Fuente – Elaboración propia

Tabla L.3 – Formato para especificar la cantidad promedio anual generada por residuo.

TIPO Y CANTIDAD PROMEDIO GENERADA POR RESIDUO		
TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD PROMEDIO ANUAL GENERADA [TON]	CANTIDAD PROMEDIO DIARIA GENERADA [TON]

Fuente – Adaptado de Formato para Planes de Manejo de Residuos Industriales (Cortinas, 2010)

Tabla L.4 – Formato para describir la forma de recolección interna de los residuos

FORMA DE RECOLECCIÓN INTERNA DE LOS RESIDUOS		
TIPO DE RESIDUO	RECOLECCIÓN	
	FORMA DE RECOLECCIÓN*	FRECUENCIA

*Manualmente, con montacargas, otra forma (especificar)

Fuente – Elaboración propia

Tabla L.5 - Formato para describir la forma de almacenamiento de los residuos.

FORMA DE ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS				
TIPO DE RESIDUO	ALMACENAMIENTO			
	FORMA DE ALMACENAMIENTO*	CAPACIDAD		TIEMPO PROMEDIO
		CANTIDAD	UNIDAD	

*Granel bajo techo, granel a la intemperie, en contenedor de plástico, en contenedor metálico, en bolsa de plástico, otra forma (especificar).

Fuente – Adaptado de Formato para Planes de Manejo de Residuos Industriales (Cortinas, 2010).

Tabla L.6 – Formato para indicar las empresas transportadoras de los residuos.

EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIOS (TRANSPORTE DE RESIDUOS)				
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD TRANSPORTADA [TON/AÑO]	AUTORIZACIÓN	DIRECCIÓN

Fuente – Adaptado de Formato para Planes de Manejo de Residuos Industriales (Cortinas, 2010).

NOTA: Si se cuenta con vehículos propios se debe indicar el número de registro o de autorización, el tipo de vehículo, modelo y su placa.

Tabla L.7 – Formato para presentar el tipo de destino que tiene cada residuo.

DESTINO DE LOS RESIDUOS			
TIPO DE RESIDUO	A TRAVÉS DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA		DESTINO*
	SÍ	NO	

*Reciclaje, donación, coprocesamiento, disposición final.

Fuente – Elaboración propia

Tabla L.8 – Formato para indicar a las empresas comercializadoras de residuos.

EMPRESAS DE COMERCIALIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES			
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	DIRECCIÓN	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD DE RESIDUOS [TON/AÑO]

Fuente – Adaptado de Formato para Planes de Manejo de Residuos Industriales (Cortinas, 2010).

Tabla L.9 – Formato para indicar a las empresas recicladoras de residuos.

EMPRESAS RECICLADORAS			
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	DIRECCIÓN	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD DE RESIDUOS [TON/AÑO]

Fuente – Adaptado de Formato para Planes de Manejo de Residuos Industriales (Cortinas, 2010).

Tabla L.10 – Formato para indicar el lugar donde se disponen los residuos.

CONFINAMIENTO AUTORIZADO RECEPTOR DE LOS RME			
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	DIRECCIÓN	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD DE RESIDUOS [TON/AÑO]

Fuente – Adaptado de Formato para Planes de Manejo de Residuos Industriales (Cortinas, 2010).

M. ANEXO 13.

Plan de Manejo de la Empresa en Estudio

I. INTRODUCCIÓN.

1. *Datos generales de la empresa.*

Debido al acuerdo de confidencialidad, no es posible proporcionar estos datos.

2. *Objetivos del plan.*

Objetivo general:

Establecer un sistema de manejo integral para los Residuos de Manejo Especial (RME) generados en la empresa.

Objetivos particulares:

- Contribuir con el reciclaje de residuos valorizables provenientes del sector metalmeccánico automotriz.
- Realizar el adecuado depósito de los RME que no son valorizables.
- Cumplir con las obligaciones ambientales en materia de RME, conforme a lo establecido por la legislación mexicana.
- Cumplir con lo que marca la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) referente a la formulación y ejecución de planes de manejo, en este caso referente a los RME generados en la empresa.
- Promover la cultura, sensibilización y educación ambiental; así como la participación activa del personal que labora en las instalaciones de la empresa.
- Generar una base de datos que aporte información actualizada y específica de cada RME.
- Controlar y monitorear la ejecución del plan de manejo como parte de una estrategia de mejora continua.

3. *Marco legal.*

Tanto la legislación nacional como la estatal establecen que es obligatoria la formulación y aplicación de planes de manejo para los residuos generados por las empresas manufactureras; estableciendo el manejo adecuado para aprovechar los residuos valorizables que pueden ser reciclados o reincorporados a los procesos productivos.

La legislación que toma como base este plan de manejo es:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente (LGEEPA).
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).
- Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro (LPGIREQ).
- Reglamento de la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro (RLPGIREQ).
- Proyecto de Norma referente a los Planes de Manejo (PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011).

4. Modalidad del plan de manejo.

De acuerdo al artículo 16 del RLGPGIR este plan pertenece a las siguientes modalidades: Privado, Individual y Local.

II. DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS OBJETO DEL PLAN.

Tabla M.1 – Descripción de los residuos objeto del plan.

DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS OBJETO DEL PLAN		
TIPO DE RESIDUO	DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO	FUENTE DE GENERACIÓN
Restos de alimentos	Residuos de la preparación e ingesta de alimentos	Comedor
Jardinería	Producto de la poda de áreas verdes	Canchas deportivas, áreas verdes
Cartón	Principalmente cajas de cartón	Planta 1, Planta 2, Planta 3, ensamble, oficinas,
Madera	Principalmente tarimas	Planta 2, Planta 3, ensamble
Sobrante de acero	Restos de barras de acero, sobrantes de piezas forjadas	Forja
Rebaba de acero	Viruta producto del maquinado de piezas	Planta 1, Planta 2, Planta 3
Rebaba de aluminio	Viruta producto del maquinado de piezas	Planta 1, Taller de herramientas
Rebaba de bronce	Viruta producto del maquinado de piezas	Planta 1, Taller de herramientas
Rebaba de hierro gris	Viruta producto del maquinado de piezas	Planta 1, Planta 2, Planta 3
Polvo de granalla	Abrasivo pulverizado después del acabado superficial	Forja, Planta 2, Planta 3
Latas de aluminio	Latas de refresco vacías	Comedor, oficinas, áreas comunes
Plástico PET	Botellas de bebidas	Toda la empresa
Plástico termoformado	Parte de los empaques de la materia prima	Planta 2, Planta 3, Ensamble

Residuos mezclados	RSU	Toda la empresa
Lodos abrasivos	Mezcla de residuos abrasivos, polvo y agua	Planta 1, Planta 2, Planta 3
Lodos biológicos	Lodos producto del tratamiento de agua residual	PTAR

III. TIPO Y CANTIDAD PROMEDIO GENERADA POR RESIDUO.

Tabla M.2 – Tipo y cantidad promedio generada por Residuo.

TIPO Y CANTIDAD PROMEDIO GENERADA POR RESIDUO		
TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD PROMEIDO ANUAL GENERADA [TON/AÑO]	CANTIDAD PROMEDIO DIARIA GENERADA [TON/DIA]
Restos de alimentos	ND	ND
Jardinería	ND	ND
Cartón	231.84	0.64
Madera	309.6	0.85
Sobrante de acero	1 280.64	3.51
Rebaba de acero	3 187.68	8.73
Rebaba de aluminio	94.56	0.26
Rebaba de bronce	1.32	0.0036
Rebaba de hierro gris	179.76	0.49
Polvo de granalla	311.09	0.85
Latas de aluminio	0.21	0.00058
Plástico PET	ND	ND
Plástico termoformado	3.84	0.11
Residuos mezclados	ND	ND
Lodos abrasivos	ND	ND
Lodos biológicos	ND	ND

ND – No disponible

IV. DESCRIPCIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS.

Los residuos son separados desde su generación utilizando un código de colores en los contenedores para que el personal identifique y separe correctamente los residuos. El flujo de manejo de cada residuo se continúa de forma diferenciada hasta que son llevados a su destino final.

1. Diagramas de flujo.

Residuos alimenticios:



Figura M.1 – Diagrama de flujo del manejo de los residuos alimenticios.

Jardinería:

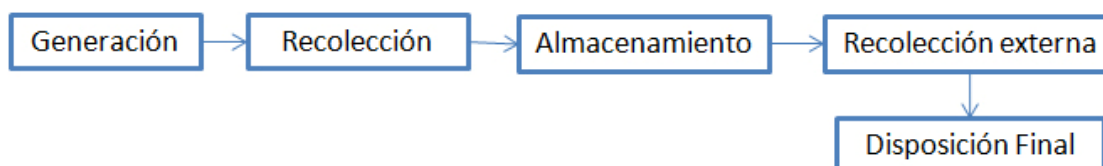


Figura M.2 - Diagrama de flujo del manejo de los residuos de jardinería.

Latas de aluminio y plástico PET:

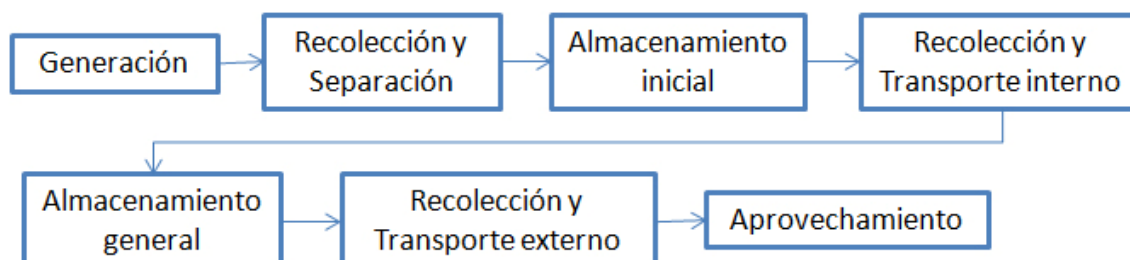


Figura M.3 - Diagrama de flujo del manejo de las latas de aluminio y las botellas de PET.

Residuos mezclados:

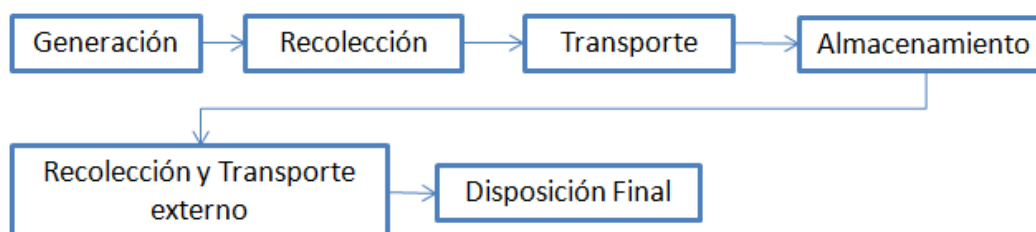


Figura M.4 - Diagrama de flujo del manejo de los residuos mezclados.

Residuos generados en los procesos productivos: cartón, madera, sobrantes de acero y rebabas.

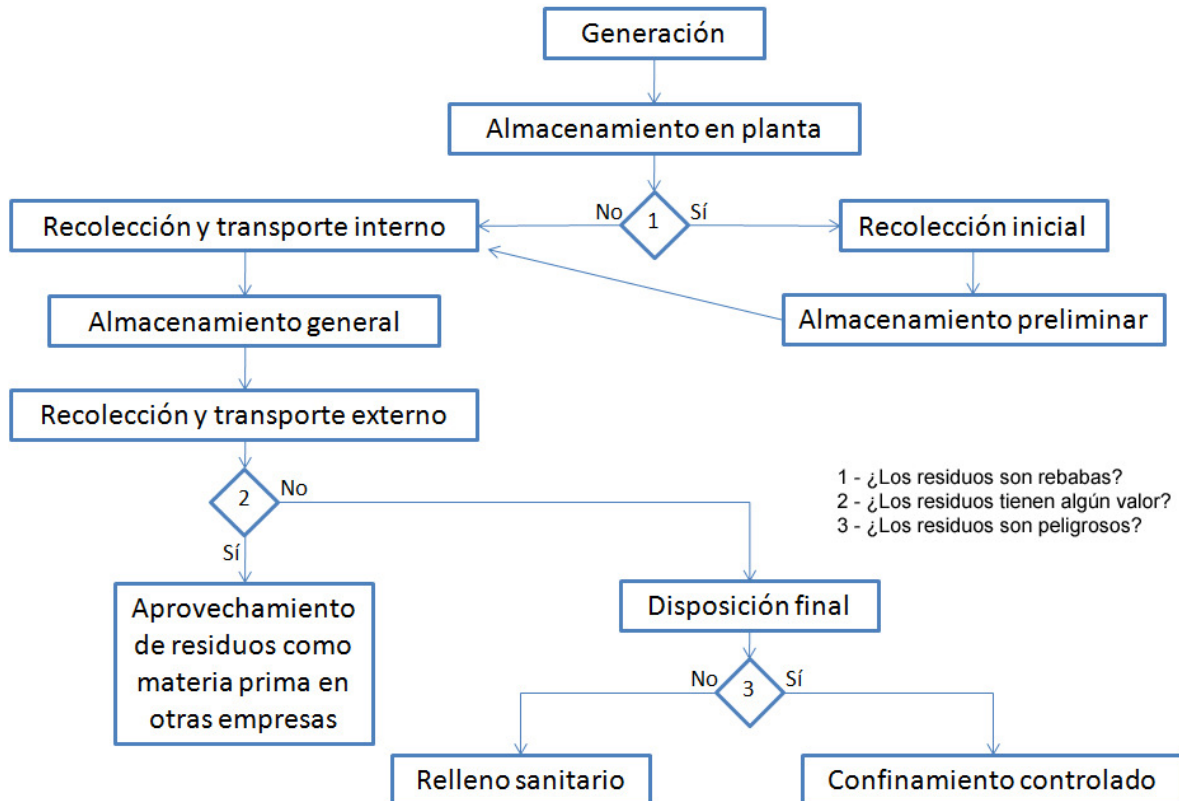


Figura M.5 - Diagrama de flujo del manejo de los residuos generados en los procesos productivos.

Lodos abrasivos y polvo de granalla:

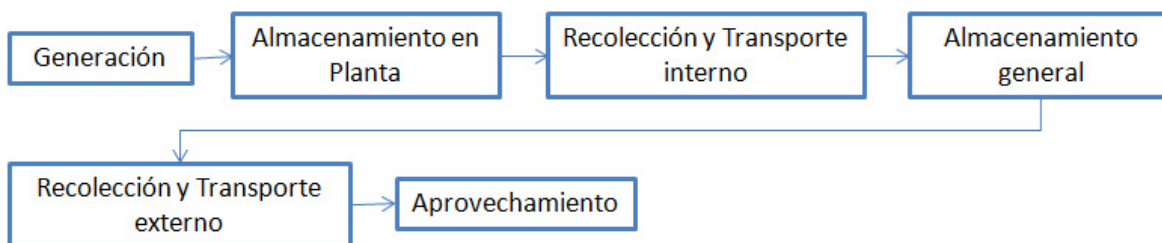


Figura M.6 - Diagrama de flujo del manejo de los lodos abrasivos y el polvo de granalla.

2. Recolección de los residuos.

Tabla M.3 – Forma de recolección interna de los residuos.

FORMA DE RECOLECCIÓN INTERNA DE LOS RESIDUOS		
TIPO DE RESIDUO	RECOLECCIÓN	
	FORMA DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA [veces/día]
Restos de alimentos	Manual	1
Cartón	Montacargas	5
Madera	Montacargas	5
Sobrante de acero	Montacargas	5
Rebaba de acero	Manual y Montacargas	5
Rebaba de aluminio	Manual y Montacargas	5
Rebaba de bronce	Manual y Montacargas	3
Rebaba de hierro gris	Manual y Montacargas	5
Polvo de granalla	Montacargas	5
Latas de aluminio	Manual y Montacargas	1
Plástico	Manual y Montacargas	1
Plástico termoformado	Manual y Montacargas	3
Residuos mezclados	Manual y Montacargas	5
Lodos abrasivos	Montacargas	5
Jardinería	Manual	Cada 3 semanas
Lodos biológicos	Manual	Cada 15 días

DESCRIPCIÓN:

Restos de alimentos: los contenedores ubicados en la cocina es vaciado manualmente en el contenedor general ubicado en el área designada.

Jardinería: los restos de la poda deben ser transportados en costales a un contenedor general, donde son vaciados para procurar la reutilización de los costales.

Cartón: en las áreas sin manufactura es separado por el personal de limpieza y colocado en los contenedores generados designados a este residuo. Los contenedores generales son transportados por montacargas y vaciados en el contenedor designado en el área de almacenamiento.

Sobrante de acero: cada contenedor lleno es transportado mediante montacargas al área de almacenamiento designada.

Rebabas: inicialmente son recolectadas manualmente para traspasarlas a contenedores de mayor tamaño, estos contenedores se trasladan mediante montacargas al área de almacenamiento designada donde son vaciados en contenedores generales diferenciados por tipo de metal.

Polvo de granalla: los contenedores son colocados sobre tarimas de madera para ser transportados por montacargas al almacén correspondiente.

Latas de aluminio (por implementar): el personal de limpieza es encargado de separar las latas que son depositadas en los contenedores para RSU y colocarlas en un contenedor general el cual es transportado mediante montacargas al área de almacenamiento y vaciado en el contenedor designado a las rebabas de aluminio.

Plástico PET (por implementar): el personal de limpieza es encargado de separar las latas que son depositadas en los contenedores para RSU y colocarlas en un contenedor general el cual es transportado mediante montacargas al área de almacenamiento y vaciado en el contenedor designado.

Residuos mezclados: el personal de limpieza los traslada de los contenedores individuales a unos generales, que son trasladados por montacargas al área de almacenamiento designada y vaciados en los contenedores correspondientes.

Lodos abrasivos: los contenedores son colocados sobre tarimas de madera para ser transportados por montacargas al almacén correspondiente.

3. Almacenamiento de los residuos.

DESCRIPCIÓN:

La empresa cuenta con tres áreas de almacenamiento para RME:

Almacén de chatarra: almacén a la intemperie delimitado con malla ciclónica, cuya área total es de 72.66 m². Las secciones en que se divide este almacén son:

- 9) Planta 1.
- 10) Ensamble.
- 11) Equipo PFH.
- 12) Planta 2.
- 13) Planta 3.
- 14) Material de mantenimiento.
- 15) Herramientas.
- 16) Prototipos.

Almacén de forja: almacén techado con un área total es de 82.5 m². En este almacén se ubican los siguientes residuos:

- 5) Desperdicio de barras y rebabas.
- 6) Desperdicio de dados y refacciones obsoletas.
- 7) Polvo fino de granalla y cascarilla.
- 8) Desperdicio de granalla.

Zona de PITS: almacén techado con contenedores metálicos designados a: madera, residuos mezclados, cartón, chatarra, rebaba de acero, rebaba de hierro gris y rebaba de aluminio. También tiene un área designada para tambos con lodos abrasivos.

Las áreas de almacenamiento designadas a los restos de comida y jardinería, se ubican cerca de sus fuentes de generación.

En la tabla M.4 se puede ver la forma de almacenamiento de cada residuo:

Tabla M.4 – Forma de almacenamiento de los residuos.

FORMA DE ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS				
TIPO DE RESIDUO	ALMACENAMIENTO			
	FORMA DE ALMACENAMIENTO*	CAPACIDAD		TIEMPO PROMEDIO [días]
		CANTIDAD	UNIDAD	
Restos de alimentos	Contenedor plástico	2	m ³	1
Jardinería	Contenedor metálico	28	m ³	21
Cartón	Contenedor metálico	27	m ³	1
Madera	Contenedor metálico	23	m ³	2
Sobrante de acero	Contenedor metálico	1.38	m ³	1
Rebaba de acero	Contenedor metálico	32	m ³	1
Rebaba de aluminio	Contenedor metálico	27.5	m ³	8
Rebaba de bronce	Contenedor metálico	200	Litros	15
Rebaba de hierro gris	Contenedor metálico	16	m ³	30
Polvo de granalla	Contenedor metálico	200	Litros	15
Latas de aluminio	Contenedor metálico	27.5	m ³	8
Plástico	Contenedor metálico	16	m ³	30
Plástico termoformado	Contenedor metálico	16	m ³	30
Residuos mezclados	Contenedor metálico	38.5	m ³	1
Lodos abrasivos	Contenedor metálico	200	litros	10
Lodos biológicos	Granel a la intemperie	72	m ²	15

4. *Empresas prestadoras de servicios que se encargan del transporte de los residuos.*

Todos los RME sujetos a este plan son trasladados por empresas prestadoras de servicios. Por motivos de confidencialidad no puede mostrarse la información que debe contener la tabla M.5:

Tabla M.5 – Empresas prestadoras de servicios.

EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIOS (TRANSPORTE DE RESIDUOS)				
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD TRANSPORTADA [TON/AÑO]	AUTORIZACIÓN	DIRECCIÓN

V. DESTINO DE LOS RESIDUOS.

Tabla M.6 – Destinos de los residuos.

DESTINO DE LOS RESIDUOS			
TIPO DE RESIDUO	A TRAVÉS DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA		DESTINO
	SÍ	NO	
Restos de alimentos	X		Relleno sanitario
Jardinería	X		Relleno sanitario
Papel y Cartón	X		Reciclaje
Madera	X		Reciclaje
Sobrante de acero	X		Reciclaje
Rebaba de acero	X		Reciclaje
Rebaba de aluminio	X		Reciclaje
Rebaba de bronce	X		Reciclaje
Rebaba de hierro gris	X		Reciclaje
Polvo de granalla	X		Reciclaje
Latas de aluminio	X		Reciclaje
Plástico	X		Reciclaje
Plástico termoformado	X		Reciclaje
Residuos mezclados	X		Relleno sanitario
Lodos abrasivos	X		Sitio controlado
Lodos biológicos	x		Sitio controlado

VI. COMERCIALIZACIÓN.

Por motivos de confidencialidad, no puede mostrarse la información de la siguiente tabla:

Tabla M.7 – Empresas de comercialización de materiales reciclables.

EMPRESAS DE COMERCIALIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES			
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	DIRECCIÓN	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD DE RESIDUOS [TON/AÑO]

VII. RECICLADO, DONACIÓN O COPROCESAMIENTO

Como se puede ver en el punto 5, ningún residuos objeto de este Plan es donado, intercambiado o co-procesado. Por motivos de confidencialidad no puede mostrarse la información referente a las empresas recicladoras.

Tabla M.8 – Empresas recicladoras.

EMPRESAS RECICLADORAS			
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	DIRECCIÓN	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD DE RESIDUOS [TON/AÑO]

VIII. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS.

Tabla M.9 – Disposición final de residuos.

CONFINAMIENTO AUTORIZADO RECEPTOR DE LOS RME			
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	DIRECCIÓN	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD DE RESIDUOS [TON/AÑO]
Relleno Sanitario de Querétaro	Carretera Satélite a Mompani km 5.5 Tlacote el bajo, QRO. QRO.	Restos de alimentos	ND
Relleno Sanitario de Querétaro	Carretera Satélite a Mompani km 5.5 Tlacote el bajo, QRO. QRO.	Jardinería	ND
Relleno Sanitario de Querétaro	Carretera Satélite a Mompani km 5.5 Tlacote el bajo, QRO. QRO.	Residuos mezclados	ND
Banco de tiro	KM. 4 de la carretera a mompani (paseo san diego) Parcela 7Z-2 P 1/2 del ejido Tlacote el bajo, MPIO. DE QUERETARO, QRO.	Lodos biológicos	ND
Banco de tiro	KM. 4 de la carretera a mompani (paseo san diego) Parcela 7Z-2 P 1/2 del ejido Tlacote el bajo, MPIO. DE QUERETARO, QRO.	Lodos abrasivos	ND

ND – No disponible

IX. MEDIDAS PARA PREVENIR LA GENERACIÓN DE RME O PARA SU APROVECHAMIENTO DENTRO DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.

- Reutilización de tarimas de madera.
- Reutilización de papel y cartón.
- Reutilización de tambos metálicos provenientes de la materia prima, como contenedores para residuos.

X. ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN Y CONTINGENCIA

No se cuenta con la información necesaria para la descripción de este punto.

XI. MECANISMOS DE CONTROL Y MONITOREO PARA EL SEGUIMIENTO DEL PLAN

1. *Auditorías internas.*

2. *Indicadores de desempeño medidos mensualmente (por implementarse):*

- Tasas de generación.
- Número de reportes de contenedores con residuos mezclados cuando deberían estar diferenciados.
- Ganancia por el manejo diferenciado y venta de residuos.

$$Ganancia_{Residuo} = Ganancia\ por\ venta - Costo\ de\ manejo$$

- Margen de utilidad.

Se refiere al beneficio que se obtiene por unidad de residuo (kilogramo de cartón, tonelada de acero, etcétera).

$$Margen\ de\ utilidad = \frac{Ganancia\ por\ venta - costo\ de\ manejo}{Ganancia\ por\ venta} \times 100$$

- Pérdida por materia prima obsoleta (en caso de que esa materia prima se considere residuo).

$$Pérdida_{MP_O} = Costo_{MP} + Costo_{Manejo}$$

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Las siguientes definiciones de conceptos y términos vienen descritas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA), en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su reglamento (LGPGIR), en la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro (LPGIREQ) y su reglamento (LPGIREQ).

Acopio: La acción tendiente a reunir residuos sólidos en un lugar determinado y apropiado para su recolección, tratamiento o disposición final;

Almacenamiento: El depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o disposición final;

Almacenamiento selectivo o separado: La acción de depositar los residuos sólidos en los contenedores diferenciados;

Aprovechamiento de los Residuos: Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía;

Biodegradable: Sustancia, materia o residuo susceptible de descomponerse por la acción de agentes biológicos;

Bitácora: Documento en el cual se registran los volúmenes y tipos de residuos generados, así como las formas de manejo a las que son sometidos, para su control por parte de la Secretaría y autoridad municipal competente;

Chaflanado: Proceso que consiste en cortar la esquina o borde exterior de una pieza, obteniendo una nueva cara o una sección cónica en caso de los tubos;

Contaminación: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico;

Contaminante: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural;

Contenedor: El recipiente destinado al depósito temporal de los residuos sólidos;

Control: Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento;

Coprocesamiento: Integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo;

Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos: Estudio que identifica la situación de la generación y manejo de los residuos y en el cual se considera la cantidad y composición de los residuos, la infraestructura para manejarlos integralmente, así como la capacidad y efectividad de la misma;

Disposición Final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos;

Educación Ambiental: Proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida.

Envase: Es el componente de un producto que cumple la función de contenerlo y protegerlo para su distribución, comercialización y consumo;

Generación: Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo;

Generador: Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo;

Gestión Integral de Residuos: Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región;

Gestor: Persona física o moral autorizada en los términos de este ordenamiento, para realizar la prestación de los servicios de una o más de las actividades de manejo integral de residuos;

Gran Generador: Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida;

Indicador: Parámetro que permite evaluar los resultados de la implementación de las políticas, programas, ordenamientos jurídicos o el desempeño de los diversos sectores involucrados en la generación y manejo de los residuos;

Inventario de Residuos: Base de datos en la cual se asientan con orden y clasificación los volúmenes de generación de los diferentes residuos, que se integra a partir de la información proporcionada por los generadores en los formatos establecidos para tal fin, de conformidad con lo dispuesto en este ordenamiento;

Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos;

Manejo Integral: Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social;

Material: Sustancia, compuesto o mezcla de ellos, que se usa como insumo y es un componente de productos de consumo, de envases, empaques, embalajes y de los residuos que éstos generan;

Microgenerador: 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;

Minimización: El conjunto de medidas tendientes a evitar la generación de los residuos sólidos y aprovechar, tanto sea posible, el valor de aquellos cuya generación no sea posible evitar;

Pequeño Generador: Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida;

Plan de Manejo: 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, así como a los tres niveles de gobierno;

Planta de selección y tratamiento: La instalación donde se lleva a cabo cualquier proceso de selección y tratamiento de los residuos sólidos para su valorización o, en su caso, disposición final;

Prestadores de servicios: Persona registrada ante la Secretaría, para prestar manejo integral de residuos;

Prevención: El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente;

Proceso Productivo: Conjunto de actividades relacionadas con la extracción, beneficio, transformación, procesamiento y/o utilización de materiales para producir bienes y servicios;

Producción Limpia: Proceso productivo en el cual se adoptan métodos, técnicas y prácticas, o incorporan mejoras, tendientes a incrementar la eficiencia ambiental de los mismos en términos de aprovechamiento de la energía e insumos y de prevención o reducción de la generación de residuos;

Producto: Bien que generan los procesos productivos a partir de la utilización de materiales primarios o secundarios. Para los fines de los planes de manejo, un producto envasado comprende sus ingredientes o componentes y su envase;

Protección: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro;

Putrescible: Residuo orgánico que se pudre fácilmente;

Reciclado: Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos;

Recolección: La acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final;

Recolección selectiva: El sistema de recolección diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recolección diferenciada que permita la separación de materiales valorizables contenidos en los residuos;

Relleno sanitario: Instalación en la cual se depositan de manera temporal o permanente los residuos sólidos urbanos, en sitios y en condiciones apropiadas, para prevenir y o reducir la liberación de contaminantes al ambiente, prevenir la formación de lixiviados en suelos, evitar procesos de combustión no controlada, la generación de malos olores, la proliferación de fauna nociva y demás problemas sanitarios y ambientales;

Residuo: Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven;

Residuos de Manejo Especial (RME): Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos;

Residuos de manejo especial (RME): Los que requieran sujetarse a planes de manejo específicos con el propósito de seleccionarlos, acopiarlos, transportarlos, aprovechar su valor o sujetarlos a tratamiento o disposición final de manera ambientalmente adecuada y controlada;

Residuos de proceso: Residuos de manejo especial generados en el conjunto de actividades relativas a la producción, obtención, elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, condicionamiento, envasado, manipulación, ensamblado, transporte, distribución, almacenamiento y expendio o suministro al público de productos y servicios;

Residuos Peligrosos (RP): Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley;

Residuos Sólidos Urbanos (RSU): Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole;

Responsabilidad Compartida: Principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social;

Retal metálico: pedazo sobrante de una de una barra, tubo, lámina o perfil metálico.

Reutilización: El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación;

Riesgo: Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana, en los demás organismos vivos, en el agua, aire, suelo, en los ecosistemas, o en los bienes y propiedades pertenecientes a los particulares;

Separación Primaria: Acción de segregar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en orgánicos e inorgánicos, en los términos de esta Ley;

Separación Secundaria: Acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles de ser valorizados en los términos de esta Ley;

Subproducto: Material obtenido como sobrante o merma de un proceso productivo;

Tratamiento: Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad;

Valorización: Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos,

mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica;