



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA AMBIENTAL-RESIDUOS Y MATERIALES PELIGROSOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS DE MANTENIMIENTO DEL HOGAR  
CLASIFICADOS COMO RESIDUOS PELIGROSOS DOMÉSTICOS EN LA  
CIUDAD DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MAESTRA EN INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**P R E S E N T A:**

**ING. CLAUDIA ALEJANDRA GAYTÁN COLLADO**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M. EN C. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIOS – FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COMITÉ TUTOR  
DRA. ROSA HILDA CHÁVEZ TORRES -INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
NUCLEARES  
DRA. GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ -FACULTAD DE INGENIERÍA  
M.A.I. LANDY IRENE RAMÍREZ BURGOS-FACULTAD DE QUÍMICA  
DRA. MARÍA NEFTALÍ ROJAS VALENCIA-INSTITUTO DE INGENIERÍA**

**LUGAR DE TRABAJO: Laboratorios de Ing. Ambiental de la Facultad de Ingeniería UNAM y  
conjunto residencial Villa Olímpica.**

Ciudad universitaria. Cd. Mx.

OCTUBRE 2019

# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| ÍNDICE.....   | 2         |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | 6         |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | 8         |
| <b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                   | <b>10</b> |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                   | 11        |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN.....   | 11        |
| 1.3. OBJETIVOS .....  | 13        |
| 1.3.1. General.....   | 13        |
| 1.3.2. Particulares.....  | 13        |
| 1.4. METAS .....  | 13        |
| 1.5. ALCANCES.....  | 14        |
| <b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>                                  | <b>15</b> |
| 2.1. CONCEPTOS BASE.....  | 15        |
| 2.1.1. Los residuos y su gestión.....                                   | 17        |
| 2.1.1.1 Estudios de generación y composición de residuos.....           | 19        |
| 2.1.1.2 Planes de manejo de residuos.....                               | 20        |
| 2.1.2. Residuos peligrosos .....  | 22        |
| 2.1.3. Residuos Peligrosos Domésticos .....                             | 25        |
| 2.1.3.1 Norma NADF-024-AMBT-2013.....                                   | 27        |
| 2.1.3.2 Peligrosos asociados a la generación y manejo de RPD.....       | 29        |
| 2.2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO .....                                      | 32        |
| 2.2.1. Revisión de normatividad aplicable y estudio de generación. .... | 34        |
| 2.3. ESTADO DEL ARTE .....  | 42        |
| 2.3.1. Internacional.....   | 42        |
| 2.3.2. Nacional.....  | 51        |
| <b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....</b>                                     | <b>54</b> |
| 3.1. CARACTERIZACIÓN DE CASO DE ESTUDIO .....                           | 54        |
| 3.1.2. Caracterización de la zona de estudio: Ubicación. ....           | 54        |
| 3.2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....  | 57        |
| 3.2.1. Verificación en campo de la zona de estudio.....                 | 57        |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 3.2.2.                                    | Selección de los participantes del estudio de generación de RSU..... | 59        |
| 3.2.3.                                    | Recopilación de información .....                                    | 59        |
| 3.3.                                      | ESTUDIO DE GENERACIÓN DIARIA DE RSU .....                            | 60        |
| 3.3.1.                                    | Caracterización de residuos .....                                    | 61        |
| 3.4.                                      | ENCUESTAS Y ENTREVISTAS .....  | 63        |
| <b>CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE CAMPO .....</b> |  | <b>66</b> |
| 4.1.                                      | RESULTADOS Y ANÁLISIS .....  | 66        |
| 4.1.1.                                    | Estudio de generación .....  | 66        |
| 4.1.2.                                    | Encuestas .....  | 71        |
| <b>CAPITULO 5. PLAN DE MANEJO .....</b>   |  | <b>76</b> |
| 5.1.                                      | INTRODUCCIÓN .....   | 76        |
| 5.2.                                      | INFORMACIÓN GENERAL .....  | 77        |
| 5.2.1.                                    | Residuos objeto del plan .....                                       | 78        |
| 5.3.                                      | DIAGNÓSTICO.....   | 78        |
| 5.4.                                      | MARCO LEGAL .....  | 80        |
| 5.5.                                      | OBJETIVOS Y META DEL PLAN DE MANEJO .....                            | 82        |
| 5.5.1.                                    | Objetivo general.....  | 82        |
| 5.5.2.                                    | Objetivos específicos .....  | 83        |
| 5.5.3.                                    | Metas del Plan de manejo .....                                       | 83        |
| 5.6.                                      | GENERACIÓN .....   | 84        |
| 5.6.1.                                    | Principales materiales que componen el residuo.....                  | 85        |
| 5.6.2.                                    | Generación actual del residuo .....                                  | 87        |
| 5.6.3.                                    | Problemática ambiental asociada al manejo actual del residuo.....    | 91        |
| 5.7.                                      | REDUCCIÓN EN LA FUENTE .....   | 92        |
| 5.8.                                      | SEPARACIÓN.....  | 94        |
| 5.9.                                      | ALMACENAMIENTO.....  | 94        |
| 5.10.                                     | RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE.....  | 97        |
| 5.10.1.                                   | Sistema de transporte .....  | 99        |
| 5.10.2.                                   | Álvaro Obregón .....   | 100       |
| 5.10.3.                                   | Azcapotzalco .....   | 100       |
| 5.10.4.                                   | Benito Juárez .....  | 101       |
| 5.10.5.                                   | Coyoacán .....   | 101       |
| 5.10.6.                                   | Cuajimalpa de Morelos .....  | 102       |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| 5.10.7.   | Cuauhtémoc .....  | 102        |
| 5.10.8.   | Gustavo A. Madero .....   | 103        |
| 5.10.9.   | Iztacalco .....   | 103        |
| 5.10.10.  | Iztapalapa .....  | 104        |
| 5.10.11.  | La Magdalena Contreras .....  | 104        |
| 5.10.12.  | Miguel Hidalgo .....  | 105        |
| 5.10.13.  | Milpa Alta .....  | 105        |
| 5.10.14.  | Tláhuac .....   | 106        |
| 5.10.15.  | Tlalpan .....   | 106        |
| 5.10.16.  | Venustiano Carranza .....   | 107        |
| 5.10.17.  | Xochimilco .....  | 107        |
| 5.10.18.  | Personal de recolección .....   | 108        |
| 5.11.   | TRANSFERENCIA .....   | 111        |
| 5.12.   | APROVECHAMIENTO .....   | 115        |
| 5.12.1.   | Incineración de residuos en hornos de cemento .....                           | 116        |
| 5.12.2.   | Reciclaje mecánico de plásticos (Recicladora) .....                           | 135        |
| 5.12.3.   | Experiencias y trabajos internacionales .....                                 | 142        |
| 5.13.   | TRATAMIENTO .....   | 149        |
| 5.13.1.   | Impacto ambiental .....   | 150        |
| 5.13.2.   | Posibles beneficios en el aprovechamiento de los residuos .....               | 153        |
| 5.14.   | DISPOSICIÓN FINAL .....   | 157        |
| 5.15.   | MECANISMOS DE OPERACIÓN, CONTROL Y MONITOREO .....                            | 159        |
| 5.15.1.   | Operación y control .....   | 159        |
| 5.15.2.   | Monitoreo .....   | 160        |
| 5.16.   | PARTICIPANTES DEL PLAN Y SU ACTIVIDAD .....                                   | 161        |
| 5.17.   | MECANISMOS DE DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN CON LOS GENERADORES Y PRODUCTORES ..... | 161        |
| 5.18.   | ELEMENTOS ADICIONALES .....   | 162        |
| 5.18.1.   | Estrategias para difundir y comunicar a los consumidores .....                | 163        |
| <b>CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b> |   | <b>164</b> |
| <b>REFERENCIAS .....</b>                                |   | <b>167</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                     |   | <b>174</b> |
| <b>ACRÓNIMOS .....</b>                                  |   | <b>183</b> |

**GLOSARIO DE TÉRMINOS .....184**

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2-1 Características CRETIB de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005.....  | 23 |
| Tabla 2-2 Estimaciones de la generación de RP en México. ....  | 24 |
| Tabla 2-3 Listado de residuos peligrosos domésticos de acuerdo con la NADF-024-AMBT-2013...  | 27 |
| Tabla 2-4 Ejemplos de sustancias peligrosas presentes comúnmente en productos y residuos domésticos. ....  | 30 |
| Tabla 2-5 Daños asociados a los compuestos de los RPD. ....  | 31 |
| Tabla 2-6 Normativa Aplicable al desarrollo del estudio. ....  | 32 |
| Tabla 2-7 Normativa Aplicable al desarrollo del estudio. Continuación.....   | 33 |
| Tabla 2-8 Separación primaria NADF-024-AMBT-2013.....  | 36 |
| Tabla 2-9 Residuos biodegradables susceptibles de ser aprovechados NADF-024-AMBT-2013.....   | 37 |
| Tabla 2-10 Residuos inorgánicos con potencial de reciclaje NADF-024-AMBT-2013. ....  | 37 |
| Tabla 2-11 Residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado NADF-024-AMBT-2013. ....   | 38 |
| Tabla 2-12 Residuos de manejo especial y voluminoso. NADF-024-AMBT-2013. ....  | 39 |
| Tabla 2-13 Residuos peligrosos provenientes de fuentes distintas a los establecimientos comerciales, industriales o de servicios. NADF-024-AMBT-2013. .... | 40 |
| Tabla 2-14 Sustancias priorizadas en Europa.....   | 46 |
| Tabla 2-15 Recomendaciones para el manejo de RDP.....  | 47 |
| Tabla 2-16 Otros Residuos Peligrosos Domésticos mencionados en otros estudios.....   | 50 |
| Tabla 2-17 Resultados por tipo de residuo doméstico peligroso.....   | 51 |
| Tabla 2-18 Comparación del porcentaje de generación de RPD en diversos estudios.....   | 52 |
| Tabla 2-19 Comparación del porcentaje de generación de RPD en diversos estudios continuación. ....   | 53 |
| Tabla 3-1 Subproductos clasificación de residuos. ....   | 63 |
| Tabla 4-1 Generación promedio por habitante por día. ....  | 66 |
| Tabla 4-2 Generación de residuos por tipo y día generado.....  | 67 |
| Tabla 4-3 Generación de residuos de mantenimiento del hogar generados por día. ....  | 68 |
| Tabla 4-4 Generación de residuos por departamentos y día.....  | 69 |
| Tabla 4-5 Resultados generados en encuesta aplicada en Villa Olímpica. ....  | 72 |
| Tabla 4-6 Resultados generados en encuesta aplicada en Villa Olímpica, continuación.....   | 73 |
| Tabla 4-7 Respuestas de generación de Residuos Peligrosos Domésticos. ....   | 74 |
| Tabla 5-1 Resultados por tipo de residuo doméstico peligroso.....  | 79 |
| Tabla 5-2 Resultados por tipo de residuo doméstico peligroso, continuación.....  | 80 |
| Tabla 5-3 Listado de residuos peligrosos domésticos de acuerdo con la NADF-024-AMBT-2013...  | 81 |
| Tabla 5-4 Generación de residuos por tipo y día generado. ....   | 84 |
| Tabla 5-5 Generación de residuos sólidos por alcaldía.....   | 88 |
| Tabla 5-6 Generación estimada de Residuos Domésticos Peligrosos por alcaldía. ....   | 89 |
| Tabla 5-7 Resumen de la generación estimada de residuos de mantenimiento del hogar.....  | 90 |
| Tabla 5-8 Generación estimada de residuos sólidos con base al número de habitantes por casa. ....  | 91 |
| Tabla 5-9 Sustancias priorizadas en Europa.....  | 92 |
| Tabla 5-10 Limpiadores domésticos y posibles alternativas para el hogar.....   | 93 |
| Tabla 5-11 Generación de residuos total a recolección.....   | 99 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 5-12 Capacitación del personal involucrado en el manejo de los RDP. ....   | 109 |
| Tabla 5-13 Personal necesario para una estación de transferencia. ....   | 114 |
| Tabla 5-14 Poder calorífico superior (PCS), expresado en MJ/Kg, de algunos combustibles. ....  | 119 |
| Tabla 5-15 Plantas cementeras que quemaron residuos peligrosos en 2000. ....   | 120 |
| Tabla 5-16 Empresas con permisos temporales y autorizaciones para la quema de residuos peligrosos como combustibles alternos.....                          | 120 |
| Tabla 5-17 Empresas con permisos temporales y autorizaciones para la quema de residuos peligrosos como combustibles alternos, continuación.....            | 121 |
| Tabla 5-18 Porcentaje por tipo de residuo de mantenimiento del hogar obtenido en el estudio de generación.....   | 122 |
| Tabla 5-19 Generación por tipo de residuo de mantenimiento del hogar por Alcaldía (Ton/semana) con base en el estudio de generación.....                   | 127 |
| Tabla 5-20 Capacidad calorífica de algunos residuos.....   | 128 |
| Tabla 5-21 Capacidad calorífica de algunos residuos y combustibles. ....   | 129 |
| Tabla 5-22 Experiencias internacionales sobre los programas implementados para el manejo de residuos domésticos peligrosos. ....                           | 143 |
| Tabla 5-23 Continuación. Experiencias internaciones sobre los programas implementados para el manejo de residuos domésticos peligrosos. ....               | 144 |
| Tabla 5-24 Métodos aplicables al tratamiento de residuos sólidos peligrosos. ....  | 149 |
| Tabla 5-25 Valoración de impactos - acondicionamiento de plásticos.....  | 152 |
| Tabla 5-26 Evaluación de los ahorros generados por el reemplazamiento del 15% de combustible fósil por combustibles provenientes de residuos sólidos. .... | 155 |
| Tabla 5-27 Capacidad caloríficas de materiales utilizados como combustibles. ....  | 156 |
| Tabla 5-28 Capacidad caloríficas de materiales utilizados como combustibles. ....  | 157 |
| Tabla 5-29 Difusión y promoción del PM-RDP. ....   | 159 |
| Tabla 5-30 Difusión y promoción del PM-RDP, continuación. ....   | 160 |
| Tabla 5-31 Difusión y promoción del PM-RDP de la CDMX. ....  | 163 |
| Tabla 8-1 Formato Entrevista participantes.....  | 175 |
| Tabla 8-2 Formato Generación RSU por día.....  | 176 |
| Tabla 8-3 Formato generación por tipo de residuo. ....   | 178 |
| Tabla 8-4 Generación de residuos por departamento.....   | 182 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 2.1 Clasificación de los Residuos Sólidos conforma a la LGPGIR.....   | 16  |
| Figura 2.2 Etapa convencional de la Gestión de los Residuos Sólidos.....   | 17  |
| Figura 2.3 Etapas de la GIR.....   | 18  |
| Figura 2.4 Generación de RP según el PGRP por entidad federativa, 2004 - 2014.....   | 24  |
| Figura 2.5 Folleto sobre el manejo de RPD del Condado de King, Washington, EU. ....  | 26  |
| Figura 2.6 Composición física de los residuos sólidos generados en el sector residencial de Medellín, marzo de 2006. ....                                      | 42  |
| Figura 2.7 Fragmento de la guía del “Manejo de los RPD generados dentro de las viviendas”. Ejemplo de productos de consumo con potencial de peligrosidad. .... | 43  |
| Figura 2.8 Comparación de las características de los residuos domésticos peligrosos. ....  | 44  |
| Figura 2.9 Comparación del nivel socioeconómico de las personas generadoras de RDP. ....   | 44  |
| Figura 2.10 Moth balls, bolas de naftalina.....  | 48  |
| Figura 2.11 Productos domésticos comunes con propiedades potencialmente peligrosas.....  | 49  |
| Figura 3.1 Unidad habitacional Villa Olímpica. ....  | 55  |
| Figura 3.2 Distancia en km Villa Olímpica y Estadio Olímpico Universitario.....  | 56  |
| Figura 3.3 Imagen satélite Villa Olímpica. ....  | 56  |
| Figura 3.4 Distancia en km Villa Olímpica y Facultad de Ingeniería UNAM. ....  | 57  |
| Figura 3.5 Método de almacenamiento dentro de la Unidad Habitacional. ....   | 58  |
| Figura 3.6 Ductos para la disposición de residuos dentro de los departamentos y el almacenamiento temporal.....  | 59  |
| Figura 3.7 Entrevista de participación con los habitantes de la unidad. ....   | 60  |
| Figura 3.8 Entrega y pesaje de residuos.....   | 61  |
| Figura 3.9 Caracterización de los residuos sólidos, método de cuarteo.....   | 62  |
| Figura 3.10 Parte 1, encuesta aplicada a participantes del estudio.....  | 64  |
| Figura 3.11 Parte 2, encuesta aplicada a participantes del estudio.....  | 65  |
| Figura 3.12 Parte 3, encuesta aplicada a participantes del estudio.....  | 65  |
| Figura 4.1 Composición de RPD. ....  | 70  |
| Figura 4.2 Composición de RSU.....   | 70  |
| Figura 4.3 Generación promedio de RSU por habitante por día de la semana. ....   | 71  |
| Figura 5.1 Etapas del manejo de los residuos sólidos.....  | 77  |
| Figura 5.2 Composición de los RDP.....   | 85  |
| Figura 5.3 Residuos de mantenimiento del hogar generados dentro de Villa Olímpica. ....  | 86  |
| Figura 5.4 Envases de productos de mantenimiento del hogar, pastillas para el baño y envase de azul de metileno.....   | 87  |
| Figura 5.5 Determinación del peso volumétrico de los residuos domésticos peligrosos. ....  | 96  |
| Figura 5.6 Contenedor para residuos de mantenimiento del hogar.....  | 96  |
| Figura 5.7 Recolección por método de acera.....  | 98  |
| Figura 5.8 Total vehículos de recolección por alcaldía. ....   | 108 |
| Figura 5.9 Equipo de seguridad recomendado para el personal de recolección.....  | 110 |
| Figura 5.10 Ejemplos de transporte correcto (izquierda) e incorrecto (derecha). ....   | 110 |
| Figura 5.11 Ubicación de las 12 estaciones de transferencia de la CDMX.....  | 111 |
| Figura 5.12 Destino de los RSU. ....   | 112 |
| Figura 5.13 Área de maniobras, puente de desaceleración y techumbre. ....  | 113 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 5.14 Proceso de ciclo de vida del producto. ....   | 116 |
| Figura 5.15 Proceso de producción de una cementera. ....  | 118 |
| Figura 5.16 Esquema simplificado de un horno de producción de cemento.....  | 118 |
| Figura 5.17 Porcentaje por tipo de residuo de mantenimiento del hogar obtenido en el estudio de generación.....             | 123 |
| Figura 5.18 Porcentaje por tipo de plástico obtenido en el estudio de generación.....                                       | 124 |
| Figura 5.19 Envase de plástico PEAD (2 HDPE). ....  | 125 |
| Figura 5.20 Envase plástico tinta para madera HDPE (2 PEAD). ....   | 125 |
| Figura 5.21 Envase plástico pulidor de muebles PETE (1 PET).....  | 126 |
| Figura 5.22 Distancia Cantera a Tula.....   | 130 |
| Figura 5.23 Distancia Cantera Cerro Jardín.....   | 131 |
| Figura 5.24 Instalaciones relleno sanitario Puebla, RESA .....  | 132 |
| Figura 5.25 Distancia de traslado de CDR desde estación de recepción hasta planta de aprovechamiento térmico en CEMEX. .... | 133 |
| Figura 5.26 Proceso de producción de la planta Cementos Moctezuma.....  | 134 |
| Figura 5.27 Entrada planta Cementos Moctezuma.....  | 134 |
| Figura 5.28 Ubicación cementos Portland. ....   | 135 |
| Figura 5.29 Proceso de producción de pellet.....  | 136 |
| Figura 5.30 Esquema de un sistema de tratamiento físico de reciclaje.....   | 139 |
| Figura 5.31 Ubicación empresa DIBASA S.A. DE C.V. ....  | 140 |
| Figura 5.32 Proceso de acopio en la empresa DIBASA S.A. DE C.V.....   | 140 |
| Figura 5.33 Identificación y peletizado de PET. DIBASA S.A. DE C.V.....   | 141 |
| Figura 5.34 Plan de desarrollo alcaldía Tláhuac.....  | 142 |
| Figura 5.35 Máquina recicladora en supermercados EDEKA Alemania.....  | 146 |
| Figura 5.36 Peletizadora utilizada en proyecto de BTU Alemania .....  | 147 |
| Figura 5.37 Extrusor Venturi BTU Alemania.....  | 147 |
| Figura 5.38 Banda transportadora de residuos utilizados para la producción de energía en la planta y su diagrama. ....      | 148 |
| Figura 5.39 Sistema de tratamiento de residuos. ....  | 150 |
| Figura 5.40 Relleno Sanitario "La Perseverancia" Cautla Morelos.....  | 158 |
| Figura 5.41 Simbiosis para el reúso y reciclaje de los residuos domésticos peligrosos.....                                  | 161 |
| Figura 5.42 Ejemplo de difusión de la gestión correcta de los RDP en la CDMX. ....  | 162 |
| Figura 8.1 Mapa Villa Olímpica.....   | 174 |
| Figura 8.2 Cédula para la determinación del peso volumétrico. ....  | 177 |
| Figura 8.3 Formato encuesta villa olímpica página 1.....  | 179 |
| Figura 8.4 Formato encuesta Villa Olímpica página 2.....  | 180 |
| Figura 8.5 Formato encuesta Villa Olímpica página 3.....  | 181 |

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los residuos son producto del entramado de actividades diarias de las sociedades, inevitablemente se generan desechos sólidos, líquidos o gaseosos, que en cierta medida son modificadoras del medio ambiente original. Las medidas de control sobre los procesos, funciones, tareas y actividades que precisa el desarrollo de la vida diaria de un núcleo urbano, resultan a menudo insuficientes para evitar la generación de residuos. Los residuos sólidos son importantes porque pueden tener efectos tóxicos importantes y frecuentemente se depositan en lugares donde la población humana puede estar expuesta (calles, orillas de caminos, barrancas, cuerpos de agua, entre otros).

El crecimiento demográfico y el consecuente incremento en la generación de residuos sólidos municipales conllevan a problemáticas como la dificultad para su recolección y el agotamiento de la vida útil de los rellenos sanitarios.

En la Ciudad de México, las 12,920 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos son generadas por sus 8,918,653 (INEGI, 2015) habitantes y por la población flotante que realiza sus actividades en la urbe. (SEDEMA, 2015)

La gestión de los residuos con características de peligrosidad, en adelante denominados como residuos peligrosos, ha avanzado considerablemente en la última década en nuestro país y de forma relevante y prioritaria en la Ciudad de México; así mismo las autoridades ambientales han venido realizando desde su orden legal de competencias el control y las vigilancias, lo que conllevó al decreto de la nueva norma ambiental NADF-024-AMBT-2013. Sin embargo, y sin dejar de reconocer los desarrollos conceptuales, de gestión, aún se requiere la implementación de nuevas estrategias direccionadas al manejo integral de los residuos de mantenimiento del hogar clasificados como residuos peligrosos doméstico, los cuales son una fracción del gran total y pueden constituirse en fuente de impactos ambientales significativos.

Dentro de los innumerables temas que guardan relación directa con la problemática de la protección del ambiente y la salud humana, así como con los principios del desarrollo sustentable: una sola tierra para un futuro común, pensar globalmente y actuar localmente, principio de carga máxima en un área particular, el principio de precaución, la responsabilidad colectiva así como la justicia ambiental, se tiene que la gestión de residuos peligrosos ocupa un lugar principal dentro de la gestión ambiental, debido a su impacto y a su alcance espacial y geográfico.

Los Residuos Peligrosos Domésticos son los materiales desechados de las viviendas que cumplen los criterios definidos para ser considerados como residuos peligrosos por lo que no deberían manejarse de manera conjunta con los residuos sólidos considerados como ordinarios o convencionales.

Este documento presenta de forma estructurada la propuesta de plan de manejo de estos residuos, considerando para ello el análisis del marco normativo aplicable a la gestión de los residuos peligrosos de origen doméstico y la evaluación de varias opciones técnicas y tecnológicas aplicadas en los diferentes componentes del sistema (actividades de recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los mismos).

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la Ciudad de México y en el país existe un desconocimiento generalizado acerca del manejo y la disposición adecuada que debe realizarse con los residuos peligrosos domésticos, evidenciándose ello en la problemática actual en las actividades de recolección, transporte, aprovechamiento, valorización y la disposición final, a través de los impactos ambientales generados en cada uno de los mismos y las limitaciones operativas que ello conlleva.

Por lo anterior, se concibe la importancia de implementar instrumentos y procedimientos para una gestión adecuada de estos residuos, ya que numerosos productos de uso doméstico, una vez utilizados o al concluir su vida útil se convierten en residuos peligrosos (por su composición o características), requiriendo establecerse cómo efectuar manipulación, tratamiento y disposición final ya que los mismos pueden acarrear los más diversos impactos ambientales, con sus consecuentes perjuicios a la salud humana y al ambiente.

Probablemente no se logre dimensionar el problema desde los hogares, porque no se encuentra o percibe la magnitud del problema al ser proyectada en el tiempo, pero el contexto es que esta clase de residuos presenta un problema complejo de resolver para las alcaldías, ya que las tecnologías de tratamiento, reciclaje o disposición final segura son costosas, requieren de capacitación a los generadores y están acompañadas de actividades complementarias dentro de la gestión integral de los residuos.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El uso irracional de los recursos naturales y la generación de desechos sólidos se han convertido en un problema de salud pública con el crecimiento de los centros urbanos. La Ciudad de México es una de las ciudades con más habitantes en el mundo con cerca de 9 millones de habitantes los cuales generaron 12,998 toneladas diarias de residuos sólidos durante 2017 se reportó una generación per cápita promedio de 1.37 kilogramos diarios (SEDEMA, 2017), esto implica una generación importante de residuos sólidos urbanos,

residuos de manejo especial y residuos peligrosos, y uno de los problemas con los residuos peligrosos es el riesgo que resulta de mezclar dos o más que por sus características físico-químicas no son compatibles. El manejo inadecuado de estos residuos puede generar problemas ambientales como la contaminación de suelo y agua, así como problemas a la salud.

A nivel mundial, se trabaja en la búsqueda de soluciones para lograr un manejo de residuos sólidos con un bajo impacto ambiental. Los problemas asociados con los residuos peligrosos han sido elementos disparadores del establecimiento de regulaciones nacionales para reducir la generación y dar un tratamiento y disposición final adecuados a este tipo de residuos. Es así que las regulaciones han contribuido grandemente a promover la innovación tecnológica tanto de los procesos de producción --para disminuir la producción de residuos peligrosos en la fuente-- como de las tecnologías para recuperar, reciclar, tratar o eliminar tales desechos; esto es, mediante tecnologías de final de procesos. (SEDESOL, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2008)

El estilo de vida actual ha impactado en los patrones de consumo de la población, afectando al ambiente entre otras cosas debido al aumento en la cantidad de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos de carácter doméstico. Por lo anterior se ha decretado la nueva norma ambiental NADF-024-AMBT-2013 que en el apartado 6.1.2.5 establece los criterios y especificaciones técnicas para la clasificación de los residuos peligrosos de fuentes distintas a establecimientos comerciales, industriales o de servicios, como pueden ser los residuos peligrosos provenientes de mantenimiento automotriz, mantenimiento del hogar, biocidas, salud-médico asistenciales y otros. La política de la Ciudad de México sobre la gestión de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial es aplicar el principio "Basura Cero" que consiste en disminuir, aprovechar y valorizar al máximo la cantidad de residuos que actualmente llegan a sitios de disposición final.

Una vez establecidos los criterios técnicos de clasificación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final, se deben elaborar planes de manejo para que sirvan como referencia a los involucrados que intervengan en la gestión integral de estos residuos. Por lo anterior, en la Ciudad de México se requiere del establecimiento de un plan de manejo para los residuos del mantenimiento del hogar, que promueva la generación y valorización de los residuos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. General**

Desarrollar el Plan de Manejo de los residuos de mantenimiento del hogar clasificados como residuos peligrosos domésticos en la Unidad Habitacional Villa Olímpica en la CDMX.

#### **1.3.2. Particulares**

Revisar la legislación nacional y distrital aplicable a residuos domésticos peligrosos y planes de manejo.

Aplicar encuestas a los habitantes de los domicilios, relativas a la generación de residuos de mantenimiento del hogar.

Realizar el estudio de generación de residuos sólidos urbanos dentro de la U.H. Villa Olímpica en enero del 2018 determinando la cantidad promedio y la composición de los Residuos Domésticos Peligrosos.

Analizar los resultados obtenidos en el muestreo utilizando los métodos planteados por las normas técnicas mexicanas.

Analizar los riesgos a la salud humana y al ambiente que conlleva el inadecuado manejo de los residuos de mantenimiento del hogar.

Realizar entrevistas con funcionarios de las alcaldías e instituciones encargadas del empleo de los planes de manejo en la Ciudad de México.

### **1.4. METAS**

Obtener información confiable sobre la composición y tasas de generación de los RDP generados en un sector socioeconómico de clase media de los hogares de la Ciudad de México.

Desarrollar el Plan de Manejo de residuos de mantenimiento del hogar en la Ciudad de México.

## 1.5. ALCANCES

Mediante la realización de un estudio de generación dentro de la unidad habitacional Villa Olímpica con un estrato socioeconómico medio, se realizará un análisis de la generación y composición de los residuos sólidos urbanos.

Durante 8 días de recolección de residuos de los habitantes de La Unidad Habitacional Villa Olímpica se llevará a cabo el estudio de generación.

El estudio se enfocará y se limitará en la generación total de residuos domésticos peligrosos.

Con el fin de obtener mayores datos sobre la generación de residuos domésticos peligrosos será aplicada una encuesta a la población participante.

Se diseñará la propuesta del plan de manejo de los residuos de mantenimiento del hogar clasificados como residuos domésticos peligrosos.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

El objetivo de este capítulo es proporcionar una visión general de los conceptos y requerimientos de manejo más relevantes a considerar en la gestión de residuos, pero de forma especial aquellos que poseen características peligrosas de acuerdo con la normativa mexicana vigente. Por otro lado, también se pretende mostrar la situación legal y de investigación de los residuos peligrosos de origen doméstico, tanto en el ámbito local como a nivel internacional.

### 2.1. CONCEPTOS BASE

En la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), se establece la definición de residuo como aquel “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” (SEMARNAT, 2007) dentro de los cuales existe una clasificación:

- **Residuos de Manejo Especial:** 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 Incompatibles:** Aquellos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos.
- **Residuos Sólidos Urbanos:** Aquellos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, i 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.
- **Residuos Peligrosos:** 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. (DOF , 2014).

En la Figura 2.1 se ilustran los tres tipos de residuos.



Figura 2.1 Clasificación de los Residuos Sólidos conforma a la LGPGIR.  
Elaboración propia.

Es responsabilidad de diferentes niveles de gobierno el manejo de estos residuos, la federación se encarga de los residuos peligrosos, mientras que el gobierno estatal de aquellos residuos de manejo especial y el gobierno municipal de los residuos sólidos urbanos.

A pesar de que en la LPGIR se mencione la clasificación de residuos, en la realidad dentro de las casas habitacionales, son utilizados productos de uso diario y común, los cuales reúnen características que los hacen residuos peligrosos.

La USEPA (United States Environmental Protection Agency) menciona a los RPD en inglés Household Hazardous Waste (HHW) como aquellos productos para el hogar sobrantes que pueden incendiarse, reaccionar o explotar en determinadas circunstancias, o que son corrosivos o tóxicos como los residuos domésticos peligrosos. Los productos, como pinturas, limpiadores, aceites, baterías y plaguicidas pueden contener ingredientes peligrosos y requieren un cuidado especial cuando los desechen. (USEPA , 2018)

Los recipientes vacíos o con residuos de aceite de motor o líquido anticongelante para los autos, de destapacaños, pegamentos, acetona o insecticidas, junto con medicamentos caducos, jeringas y material de curación, focos ahorradores, maquillajes y tintes para el cabello son algunos ejemplos de los residuos domésticos peligrosos que todos los días se generan en el país.

### 2.1.1. Los residuos y su gestión

En la gestión tradicional de los residuos por muchos años se ha considerado solamente la generación, el almacenamiento, la recolección, el transporte y la disposición final, sin embargo, la alta generación de los centros urbanos y posibilidad cada vez más escasa de ubicar rellenos sanitarios ha obligado a tomar el problema de los residuos de manera integral. (Otalora, 2017). La normatividad considera la Gestión Integral de Residuos (GIR) 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, incluyendo tanto acciones normativas y administrativas como del mercado, teniendo la participación de generadores y gestores de las diferentes etapas de gestión.

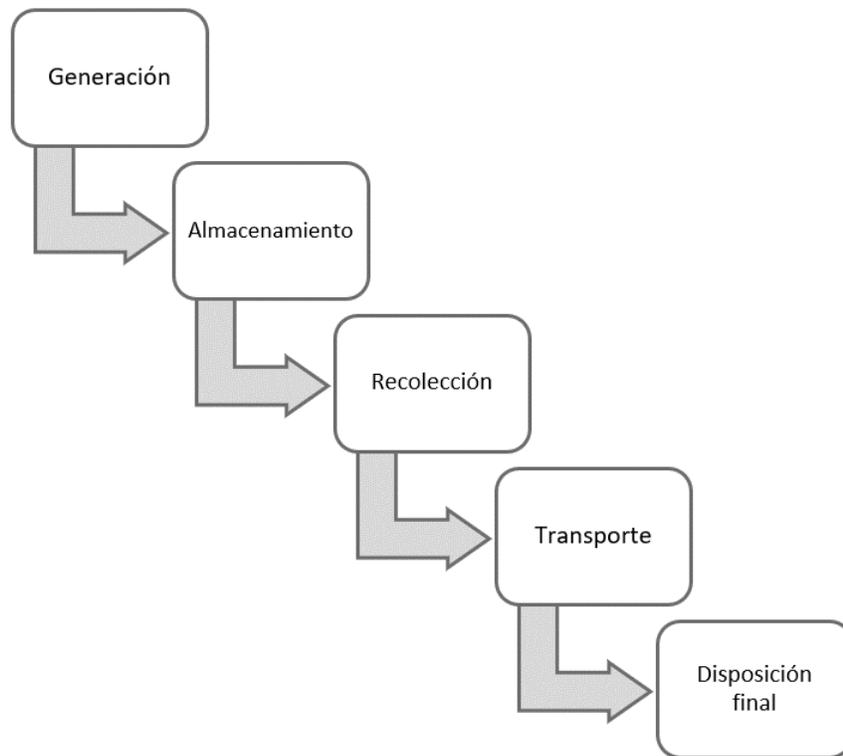


Figura 2.2 Etapa convencional de la Gestión de los Residuos Sólidos.

Elaboración propia.

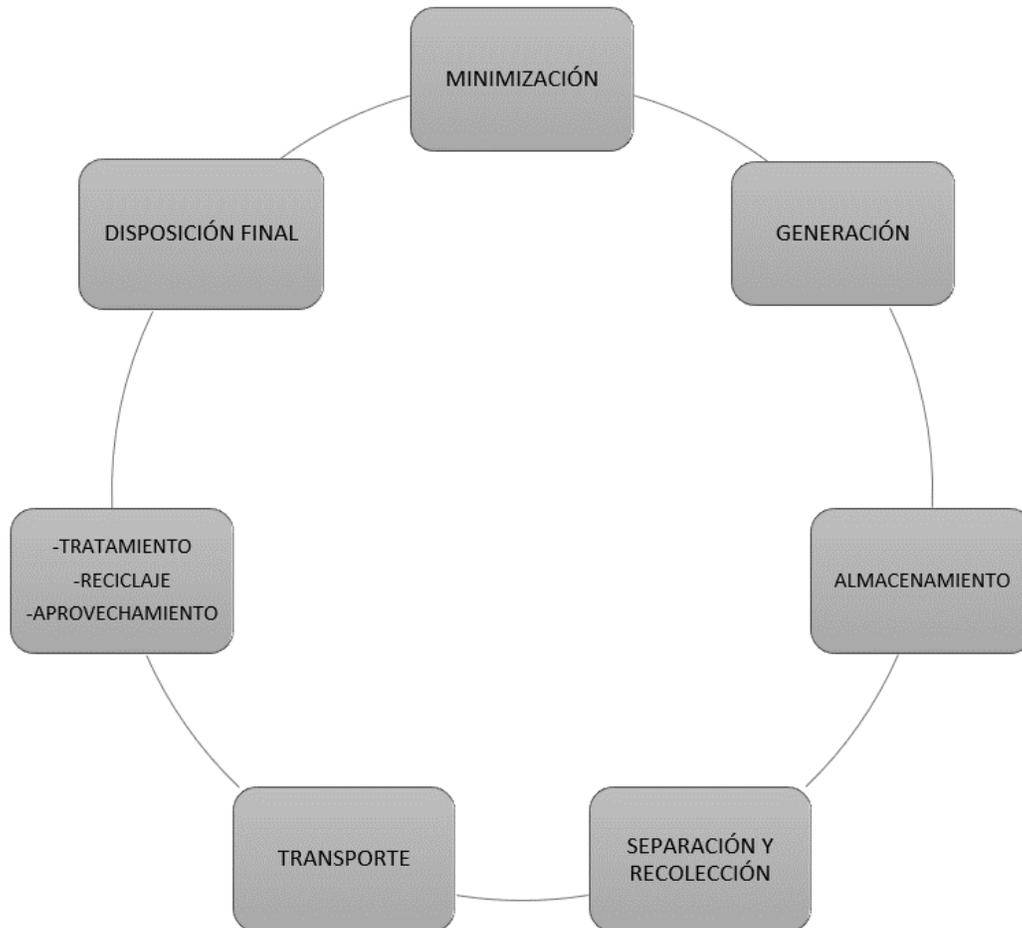


Figura 2.3 Etapas de la GIR.  
Elaboración propia.

La gestión Integral de los residuos contempla diversas etapas:

1. Minimización: No está incluida en la norma, pero abarca una serie de acciones para reducir la cantidad y volumen de los residuos generados como acuerdos comerciales, la reducción de empaques y la modificación de hábitos de consumo.
2. Generación: es la acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo
3. Separación: Con el fin de proteger el valor potencial de los residuos, se requiere que se disgreguen para evitar que se contaminen o destruyan. La norma la contempla en dos sentidos:

Separación Primaria: Acción de segregar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en orgánicos e inorgánicos.

Separación Secundaria: Acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles de ser valorizados.

4. Almacenamiento: Corresponde a la actividad de alistamiento y resguardo de los residuos previo a la recolección, o a cualquiera de sus etapas siguientes, como tratamiento, aprovechamiento o reciclaje.
5. Transporte/Recolección: No se incluye en la norma, se refiere al traslado de los residuos entre una etapa y otra del sistema de gestión
6. Valorización: El 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. Entre estas acciones se pueden contar:
  - Reutilización: El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación
  - 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;
  - Tratamiento Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.
7. 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. (Otalora, 2017).

#### **2.1.1.1 Estudios de generación y composición de residuos**

Un método que permite estimar la cantidad de residuos que producen las localidades urbanas y rurales, así como cuantificar el equipamiento necesario (camiones recolectores y contenedores) y diseñar las obras de ingeniería (rellenos sanitarios y plantas de separación), son los llamados estudios de generación y cuantificación de subproductos de los RSU (Bernache et al, 2001).

Los estudios de caracterización de los residuos sólidos urbanos son un conjunto de acciones con base en una metodología para recolectar los datos que permitan determinar las cantidades de residuos, su composición y propiedades en una localidad y tiempo determinado. Sirven también para determinar el cumplimiento de los programas nacionales y estatales de gestión y la implementación de mejoras en los diseños de sistemas de gestión y tratamiento de los residuos de una localidad a partir de la determinación de generación, composición y densidad (Runfola, 2009).

En la legislación ambiental de México se establece que los municipios son responsables de realizar una gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU), que contemple una planeación estratégica en la que es indispensable contar con información confiable de la generación y composición de los RSU (SEMARNAT, 2007). Esta información debe ser obtenida a través de muestreos directos, cuyos hallazgos son importantes para tener en cuenta en conjunto con las pruebas estadísticas (González, 2012). (SEMARNAT, 2006), reporta que la información disponible es muy dispersa y desequilibrada, ya que se basa en proyectos individuales y encuestas. (Castillo, 2014).

La información proporcionada ayuda a tener una visión general del estado actual de la gestión de los RSU y un análisis de los problemas. (Dong, 2010). Ya que conocer la cantidad de residuos a recoger y disponer, así como sus características, es esencial en cualquier ciudad, ya sea grande o pequeña ya que dicho conocimiento es la base del diseño de los sistemas de recolección, transporte y disposición final. (OCDE, 2011).

Estudios de caracterización y generación de los residuos sólidos se han realizado en diferentes estados de la republica a nivel municipal, desde fuentes domiciliarias, hasta fuentes de servicios e institucionales. Particularmente, en estudios referentes a fuente domiciliaria se han tomado como base los tres estratos socioeconómicos como división de la población. (Ruíz, 2013).

### 2.1.1.2 Planes de manejo de residuos

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, define al Plan de Manejo como *“El instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables que 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”*. (CG de los E.U.M, 2014).

El cual se establecerá para promover la prevención de la generación y valorización de los residuos; además de alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible.

Los objetivos de los planes de manejo, según lo establecido en el artículo 27 de la LGPGIR son los siguientes:

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

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

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

IV. Establecer esquemas de manejo en los que aplique la corresponsabilidad de los distintos sectores involucrados; y

V. Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo de los residuos ambientalmente adecuado económicamente factible y socialmente aceptable. (CG de los E.U.M, 2014)

Y de acuerdo con el Artículo 10 perteneciente al título segundo de esta misma norma, es en donde menciona que *“Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento y su disposición final...”*. (CG de los E.U.M, 2014). Dando por hecho que el municipio es quien se encargará de realizar la gestión integral de los residuos y todo lo que esto conlleve, por lo tanto, de implementar los planes de manejo que estos requieran.

A pesar de que el artículo 18 dentro del título tercero menciona que *“Los residuos sólidos urbanos se podrán subclasificar en orgánicos e inorgánicos con el objeto de facilitar su separación primaria y secundaria...”*. Esta subclasificación estará sujeta a los planes de manejo que serán llevados a cabo los cuales contendrán los listados de los mismos, como se menciona en el artículo 20 dentro del mismo título.

En cuanto a los planes de manejo públicos, que desarrollarán las autoridades municipales en relación con los residuos peligrosos domésticos, el proyecto de Reglamento plantea la necesidad de que éstas determinen cómo se llevarán a cabo.

Ésta es un área en la que indiscutiblemente, las autoridades municipales necesitarán no sólo de asistencia técnica, sino también de la propuesta de mecanismos financieros para hacer frente a los complejos problemas técnicos, a las necesidades de infraestructura, a los requerimientos de educación pública y capacitación del personal involucrado, y otras tareas que habrá que desarrollar para este fin. Como se menciona dentro del reglamento de esta la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (RLGPGIR , 2014).

*Artículo 18. Los planes de manejo públicos incorporarán el manejo integral de los residuos peligrosos que se generen en los hogares en cantidades iguales o menores a las que generan los microgeneradores, al desechar productos de consumo que contengan materiales peligrosos, así como en unidades habitacionales o en oficinas, instituciones, dependencias y entidades y que, conforme al artículo 23 de la Ley, deberán ser manejados conforme lo dispongan las autoridades municipales responsables de la gestión de los residuos sólidos urbanos.*

*Las entidades federativas y los municipios podrán dar a conocer los planes de manejo públicos en sus respectivas jurisdicciones territoriales, a fin de promover su uso eficiente, el establecimiento de infraestructura y el desarrollo de mercados de valorización de los residuos.*

*Las entidades federativas y los municipios que presten el servicio público de limpia o que ejecuten programas para la separación, recolección y acopio de los residuos señalados en el párrafo anterior y que por tal razón posean residuos peligrosos, deberán observar los criterios de manejo establecidos en la Ley, el presente Reglamento y las normas oficiales mexicanas que de ellos deriven.*

*Los planes de manejo señalados en el presente artículo pueden incluir a los residuos de manejo especial y sólidos urbanos que, de conformidad con las legislaciones estatales, no estén sujetos a un plan de manejo.*

### **2.1.2. Residuos peligrosos**

La vida diaria está rodeada de una diversidad de sustancias químicas que permiten muchas de las comodidades en la vida moderna. A nivel mundial hasta junio de 2015, las sustancias químicas identificadas sumaban más de 100 millones (esto es, alrededor de 33 millones más que en julio de 2012; CAS, 2016; (SEMARNAT, 2013) con propósitos tan diversos como servir de base para la fabricación de nuevos materiales, medicamentos, plaguicidas.

El crecimiento acelerado de la actividad industrial en muchos países, el mal manejo de muchas sustancias químicas y la disposición inadecuada de residuos tóxicos ha incrementado la exposición de la población y los ecosistemas naturales a sustancias potencialmente tóxicas. En 2012 se calculaba que en tan sólo 49 países clasificados como de ingreso bajo y medio, alrededor de 125 millones de personas estaban expuestos a la contaminación por residuos tóxicos. (Blacksmith Institute & Green Cross., 2012)

En México los residuos peligrosos (RP) son aquellos que poseen 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. Así su carácter de peligroso está determinado por su capacidad potencial de hacer un daño a la salud humana, el acrónimo de estas propiedades se conoce como CRETIB. (NOM-052-SEMARNAT-2005, 2006) La Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 (DOF, 2006) establece el procedimiento de identificación, las características y la clasificación de los residuos peligrosos. En la Tabla 2.1 se resumen estas características.

Tabla 2-1 Características CRETIB de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005.

| <b>Característica</b>       | <b>Determinación</b>  |
|-----------------------------|---|
| <b>CORROSIVO</b>            | <p>Es un líquido acuoso y presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.5</p> <p>Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12,5</p> <p>Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020, a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año a una temperatura de 328 K (55°C)</p>   |
| <b>REACTIVO</b>             | <p>Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición o cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de 1 litro por kilogramo del residuo por hora.</p> <p>Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor o posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables, que cuando se expone a condiciones ácidas genera gases en cantidades mayores a 250 mg de ácido cianhídrico por kg de residuo o 500 mg de ácido sulfhídrico por kg de residuo.</p>   |
| <b>EXPLOSIVO</b>            | <p>Cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento. Esta característica no debe determinarse mediante análisis de laboratorio, por lo que la identificación de esta característica debe estar basada en el conocimiento del origen o composición del residuo.</p>   |
| <b>TÓXICO</b>               | <p>El extracto PECT, obtenido mediante el procedimiento establecido en la NOM-053-SEMARNAT-1993, contiene cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la Tabla 2 de esta Norma en una concentración mayor a los límites ahí señalados.</p>   |
| <b>INFLAMABLE</b>           | <p>Es un líquido o una mezcla que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60.5°C, medido en copa cerrada, quedando excluidas las soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%.</p> <p>No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C.</p> <p>Es un gas que a 20°C y una presión de 101,3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de mínimo 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.</p> <p>Es un gas oxidante que puede contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.</p> |
| <b>BIOLÓGICO INFECCIOSO</b> | <p>El que contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que contiene o puede contener toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos y al ambiente, que se generan en establecimientos de atención médica.</p>   |

Fuente: NOM-052-SEMARNAT-2005, elaboración propia.

En la Tabla 2.2 Se muestra el volumen acumulado de RP generados en el país durante el periodo 2004-2014 y el número de empresas que los generaban. Tanto el volumen como el número de empresas se obtienen a partir de los registros y la información que brindan las empresas inscritas en el Padrón de Generadores de Residuos Peligrosos (PGRP) a la SEMARNAT. De acuerdo con el PGRP, entre 2004 y 2014 las 93 355 empresas inscritas generaron 2.19 millones de toneladas. Es importante tomar en cuenta que esta cifra no corresponde al volumen total de RP generados en el país en ese periodo, debido básicamente a que dicho padrón no incluye a la totalidad de las empresas que los producen en el territorio. (Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN), 2015)

Tabla 2-2 Estimaciones de la generación de RP en México.

| <b>Periodo</b>     | <b>Generación estimada<br/>(millones de toneladas acumuladas)</b> | <b>Número de empresas</b> |
|--------------------|---|---------------------------|
| <b>2004 – 2009</b> | 1.7   | 52 784                    |
| <b>2004 – 2011</b> | 1.92  | 68 733                    |
| <b>2004 – 2012</b> | 1.96  | 75 562                    |
| <b>2004 – 2013</b> | 2.04  | 84 279                    |
| <b>2004 – 2014</b> | 2.19  | 93 355                    |

Fuente: Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, SEMARNAT. México. Abril 2015.

Si se observa la generación de RP por entidad federativa en el período 2004-2014, la ZMVM fue la mayor productora con 598 343 toneladas (27.3% del volumen total del país) (SEMARNAT, 2015).

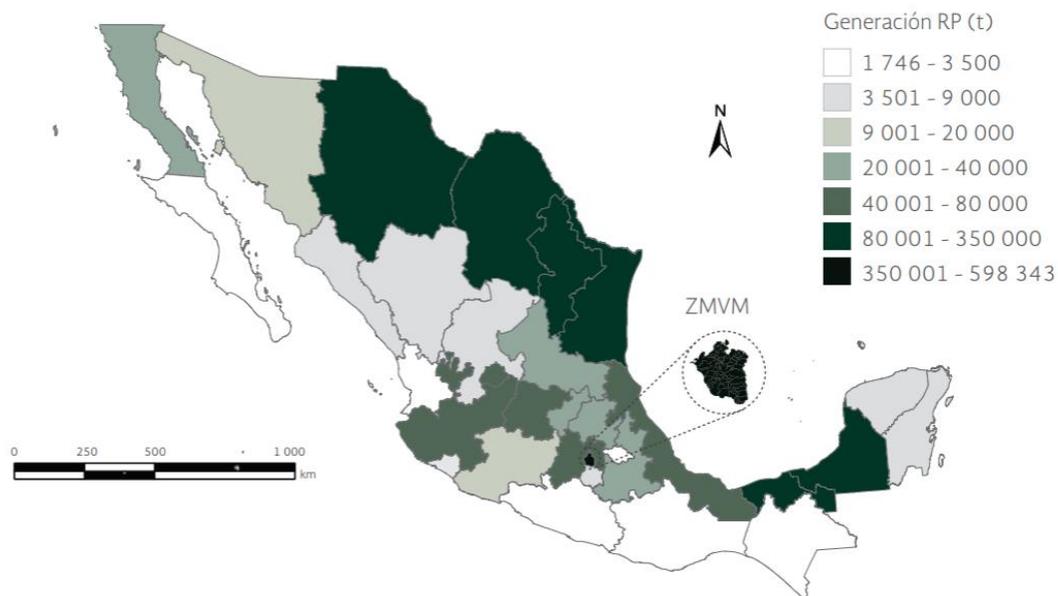


Figura 2.4 Generación de RP según el PGRP por entidad federativa, 2004 - 2014.

Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. SEMARNAT. México. Abril 2015.

La clasificación de los materiales en estas categorías está sujeta a una serie de pruebas contempladas en las normas NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-053-SEMARNAT-1993 excepto los explosivos y biológico-infecciosos que se asignan por el conocimiento de la sustancia o la procedencia de los residuos.

Dentro de los distintos tipos de RP, los biológico-infecciosos (RP-BI) tienen gran importancia por los posibles riesgos que representan cuando su manejo resulta inadecuado. Incluyen a los que se producen en instalaciones que brindan servicios de atención a la salud y actividades relacionadas, y están compuestos por residuos anatómicos, cultivos y cepas de microorganismos, objetos punzocortantes, muestras patológicas y sangre. En el periodo 2004-2014, su volumen de generación fue de 150 076 toneladas, lo que representó el 6.8% del total de los RP generados a nivel nacional. (SEMARNAT, 2013).

### **2.1.3. Residuos Peligrosos Domésticos**

México se enfrenta a procesos agudos de deterioro ambiental y de salud pública. La producción de Residuos peligrosos (RP) se considera una de las principales causas. Los RP puede generarse a partir de fuentes residenciales y no residenciales, de ahí la necesidad de estudiar la cantidad y las categorías de este tipo de residuos. Esta información es fundamental para el diseño de estrategias de gestión apropiadas, para evitar la mezcla actual y la codificación con residuos no peligrosos. Por lo tanto, la caracterización de envases, embalajes y materiales de envoltura de productos que contengan productos peligrosos por composición podría usarse como un indicador para estimar la cantidad de desechos peligrosos mezclados y eliminados con los desechos sólidos municipales. (Buen rostro et al., 2006).

Las sustancias peligrosas están presentes en muchos de los productos de uso doméstico, que al concluir su vida útil se convierten en residuos que presentan características que los convierten en peligrosos (Bondi, 2011) los cuales pasaran a formar parte del flujo de residuos domésticos, estos son conocidos como residuos domésticos peligrosos (RDP's). (Malandrakis , 2008).

Los RDP son cualquier tipo de residuo producido a partir de una fuente doméstica que contiene sustancias potencialmente nocivas para la salud humana y el medio ambiente (Slack, R. et al. , 2004) entre ellos se encuentran los limpiadores domésticos, productos para el mantenimiento del hogar y del carro, productos para el jardín, aerosoles para distintos usos, productos para el cuidado personal, conservadores de madera, solventes, residuos eléctricos y electrónicos, entre otros. (Mbeng, L. et al., 2010). (Yasuda, K. et al. , 2006).

Estos residuos, representan una pequeña fracción del total de los residuos domésticos y una cantidad menor de los RSU, pero representan un problema complejo por el tipo de sustancias peligrosas, la variedad de productos que se utilizan en los hogares, así como el hecho de que algunos de estos productos contienen sustancias con niveles altos de metales pesados, que cuando se disponen de manera inadecuada en los rellenos sanitarios o tirados a cielo abierto pueden contribuir a la contaminación del suelo y agua. Además, representan una amenaza para la salud en la familia, en particular para los niños. (Slack, R. et al. , 2004) (Zhang, H. et al. , 2008).

Household Hazardous Waste (HHW), un término que se utilizado para describir los residuos peligrosos en la fracción doméstica, generalmente se usa solo para describir el desperdicio de origen doméstico, pero también se puede aplicar a los desechos peligrosos municipales. "Productos domésticos sobrantes que contienen corrosivo, ingredientes tóxicos, inflamables o reactivos" es la descripción proporcionada por la USEPA (United States Environmental Protection Agency) (USEPA, 2018).

Un producto es peligroso si en la etiqueta dice: PRECAUCIÓN-ADVERTENCIA-PELIGRO-VENENO

**RESIDENTES DEL CONDADO DE KING: QUÉ HACER CON LOS PRODUCTOS DOMÉSTICOS PELIGROSOS NO DESEADOS**

**¡Por favor, no tirar a la basura  O en el inodoro! **

|   |   |   |  |  |   |
|---|---|---|--|--|---|
| <p><b>SI</b> LLEVE LOS PRODUCTOS DOMÉSTICOS PELIGROSOS A UN SITIO DE DESPERDICIOS<br/> <small>Límite: 50 galones por cliente por día; sin contenedores de más de 5 galones</small></p>  |   |   |  | <p><b>NO</b> NO SE ACEPTAN ESTOS PRODUCTOS</p> <p>LLAME A LA LÍNEA DE ACCIDENTES DOMÉSTICOS 206-296-4692 PARA OBTENER MÁS INFORMACIÓN<br/> <small>AGENCIA DE OTRAS Opciones DE DESHECHO</small></p>  |   |
| <p><b>Limpiadores domésticos</b></p>   | <p><b>Productos para el patio y jardín</b></p>   | <p><b>Pinturas y tinturas a base de aceite Sin látex</b></p>   | <p><b>Colas y adhesivos</b></p>               | <p><b>Municiónes</b></p>   | <p><b>Fuegos artificiales</b></p>  |
| <p><b>Productos Automotrices</b></p>   | <p><b>Baterías: domésticas y de automóviles</b><br/> <small>Límite: 5 baterías de automóviles</small></p>  |   | <p><b>Anticongelante</b></p>                  | <p><b>Bengalas marinas</b></p>   | <p><b>Explosivos</b></p>           |
| <p>Visite <a href="http://TAKEBACKYOURMEDS.ORG">TAKEBACKYOURMEDS.ORG</a> o llame al 206-263-3014</p>  |   |   |  | <p><b>Medicamentos</b></p> <p>LLAME A SALUD PÚBLICA DE SEATTLE Y DEL CONDADO DE KING AL 206-296-4600<br/> <small>O 1-800-325-6185, EXT. 6-4600</small></p>   |   |
| <p><b>Líquidos inflamables</b><br/> <small>Límite: hasta 30 galones de gasolina</small></p>    | <p><b>Acilte para motores</b></p>    | <p><b>Propano, butano</b></p>    | <p><b>Diluyentes y otros disolventes</b></p>  | <p><b>Objetos médicos punzantes (agujas)</b></p>   |   |
| <p><b>Bengalas</b></p>   | <p><b>Suministros para piscinas y spa</b></p>    | <p><b>Los termómetros que contienen mercurio, termostatos, luces fluorescentes (hasta 10 tubos y bombillas)</b></p>  |  | <p>LLAME A LA AGENCIA DE AIRE LIMPIO DE PUGET SOUND AL 206-343-8800</p> <p><b>Materiales que contienen asbestos como revestimiento, aislamiento, techado o baldosas de vinilo.</b></p> <p>LLAME AL 1-800-RECYCLE O VISITE <a href="http://www.ecyclewashington.org">www.ecyclewashington.org</a></p> |   |
| <p><b>Para obtener más información, llame al número de Accidentes Domésticos 206-296-4692 o al 1-888-TOXIC ED.</b></p> <p><small>Intérpretes disponibles. Por favor, sea paciente mientras localizamos un intérprete.</small></p> <p><b>De lunes a viernes, de 9 a.m. a 4:30 p.m., excepto los días festivos.</b></p> <p><b>O visite <a href="http://www.HazWasteHelp.org">www.HazWasteHelp.org</a></b></p> |   |   |  | <p><b>No hay que pagar para la eliminación de residuos peligrosos. Se paga con los impuestos de servicios públicos.</b></p> <p>3/2013 SPANISH</p>  |   |

Figura 2.5 Folleto sobre el manejo de RPD del Condado de King, Washington, EU.

Fuente: [www.HazWasteHelp.org](http://www.HazWasteHelp.org)

### 2.1.3.1 Norma NADF-024-AMBT-2013

Con la finalidad de fomentar en la sociedad la participación y encauzarla en el cumplimiento de las distintas disposiciones en materia de manejo de residuos sólidos de manera responsable, y como parte de la política ambiental que promueve el Gobierno del Distrito Federal, se pretende a través de la Norma Ambiental NADF-024-AMBT-2013 (SEDEMA, 2015). La cual establece los criterios y especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y valorización de los residuos sólidos, para que se lleve a cabo de acuerdo a lineamientos técnicos que garanticen una adecuada separación primaria, primaria avanzada y secundaria de los materiales, de tal forma que puedan ser valorizados para su reincorporación nuevamente a procesos de producción, reduciendo la cantidad que llega a sitios de disposición final.

Aquellos residuos con características peligrosas son mencionados en la norma en la Tabla 2.3.

Esta norma también indica que los residuos sólidos urbanos no deberán mezclarse con residuos peligrosos, establece la implementación de planes de manejo para el cual el generador de estos residuos deberá entregar estos residuos al responsable y a los centros de acopio autorizados y además, la Secretaría pondrá a disposición el listado de los planes de manejo para que la población quede enterada y pueda disponer este tipo de residuos.

Quedaron excluidos de esta lista, algunos elementos peligrosos que han sido considerados en algunas normas internacionales, como:

- Aerosoles
- Productos de cuidado personal
- Punzocortantes y elementos de curación, de pacientes en casa

Tabla 2-3 Listado de residuos peligrosos domésticos de acuerdo con la NADF-024-AMBT-2013.

| <i>Material con riesgo Potencial de Peligrosidad</i>  | <i>Productos</i>   | <i>Acciones</i> |
|---|--|-----------------|
| <b>Mantenimiento automotriz</b> Contenedor vacío o con residuos, y los subproductos contaminados con ellos, tales como: Estopas impregnadas con grasas, aceites y solventes, Filtros de gasolina y aceite<br>Contenedores metálicos | Aceite de motor<br>Aditivos para gasolina y aceite Anticongelante<br>Baterías ácido-plomo<br>Cera para autos<br>Combustibles<br>Limpiador de carburador<br>Limpiador de motor<br>Líquido de transmisión<br>Líquido para frenos |                 |

**Productos para el mantenimiento del hogar**

Contenedor vacío o con residuos, Estopas o trapos impregnados, brochas, rodillos, esponjas, etc.

- Empastes
- Pegamentos y adhesivos
- Pintura base agua y base solvente
- Removedor de pintura y barniz
- Selladores
- Solventes
- Tintas para madera
- Conservadores de madera

Los residuos contenidos en esta lista deberán entregarse a los responsables de los Planes de Manejo específicos autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría; o en los programas que la Secretaría y la Secretaría de Obras establezcan.

**Biocidas**

Contenedor vacío o con restos del producto y los subproductos contaminados con ellos.

- Insecticidas
- Naftalina en todas sus presentaciones (p.ej. bolitas)
- Repelente de insectos
- Raticidas

**Productos de limpieza**

Contenedor vacío o con restos del producto y los subproductos contaminados con ellos, tales como: trapos impregnados. Aquellos productos cuyo envase esté clasificado como peligroso, de acuerdo a la NOM-189-SSA1/SCFI-2012



Figura 1

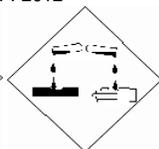


Figura 2

- Destapa caños
- Desinfectantes para baño
- Grasa para zapatos
- Pulidores y limpiadores de metales.
- Limpia azulejos
- Limpiadores base amoníaco o ácido clorhídrico
- Limpiadores de aluminio
- Limpiadores para hornos
- Productos para pulir muebles
- Quita sarro

**Salud-Médico asistenciales**

Medicamentos caducos para humanos o mascotas

**Varios**

- Pilas y baterías\*
- Asbesto
- Cosméticos caducos Radiografías
- Desodorante de ambiente
- Explosivos (pirotecnia)
- Lámparas fluorescentes\*
- Lámpara o focos ahorradores\*
- Materiales para pintura artística (tubos de pintura)
- Productos de revelado fotográficos
- Productos químicos para albercas

Fuente: NADF-024-AMBT-2013.

### 2.1.3.2 Peligrosos asociados a la generación y manejo de RPD

La USEPA menciona que, para evitar los riesgos potenciales asociados con los desechos domésticos peligrosos, es importante que las personas siempre supervisen el uso, el almacenamiento y la eliminación de productos con sustancias potencialmente peligrosas en sus hogares. La eliminación inadecuada de HHW puede incluir verterlos por el desagüe, en el suelo, en alcantarillas pluviales o, en algunos casos, expulsarlos con la basura normal. (USEPA, 2018)

El manejo inadecuado de los residuos peligrosos puede ocasionar distintos daños o efectos en el ambiente y en la salud humana. El principal impacto causado por el manejo inadecuado de los residuos peligrosos se encuentra en la afectación de los recursos naturales debido a la disposición inadecuada en zonas verdes, parques y cuerpos de agua disminuyendo la calidad del ambiente por contaminación en suelos, agua, atmósfera y/o afectación a especies animales o vegetales, generando a su vez, un problema de salud pública ya que estos, según su composición, pueden promover la generación de olores ofensivos y creación de sustancias que pueden afectar la salud.

A su vez la disposición inadecuada de estos residuos en sitios de disposición final como los rellenos sanitarios ocasionan fenómenos no previstos ocasionando posibles riesgos a la salud y el entorno donde se desarrolla la actividad, sin dejar de lado la saturación de estos espacios, obligando a buscar nuevos sitios para disponer los residuos disminuyendo así la disponibilidad sobre el uso del suelo. (SDA BOGOTÁ, 2011).

#### *2.1.3.2.1 Riesgos asociados a los compuestos de los residuos peligrosos domésticos*

La eliminación inadecuada de estos desechos puede contaminar el medio ambiente y representar una amenaza para la salud humana. Ciertos tipos de HHW tienen el potencial de causar lesiones físicas a los trabajadores de saneamiento, contaminar tanques sépticos o sistemas de tratamiento de aguas residuales si se vierten en desagües o inodoros. También pueden presentar riesgos para los niños y las mascotas si se dejan en la casa. (Slack R. et al., 2010).

Los residuos peligrosos domésticos por sus características CRETIB pueden representar un peligro como se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2-4 Ejemplos de sustancias peligrosas presentes comúnmente en productos y residuos domésticos.

| <b>Tipo de característica peligrosa</b>    | <b>Tipo de sustancia o producto</b>   |
|--|---|
| <b>Corrosividad</b>                        | Amoniaco<br>Lejías<br>Destapador de caños<br>Ácido clorhídrico<br>Lejía<br>Ácido muriático<br>Ácido nítrico<br>Limpia hornos<br>Ácido fosfórico<br>Ácido sulfúrico<br>Limpia inodoros<br>Fosfato trisódico<br>Electrolito de baterías de automóvil  |
| <b>Reactividad (ejemplos de oxidantes)</b> | Cloro<br>Peróxido de hidrógeno<br>Ácido nítrico<br>Nitrato de plata   |
| <b>Explosividad</b>                        | Municiones<br>Fuegos artificiales   |
| <b>Toxicidad</b>                           | Anticongelante*<br>Fungicidas<br>Insecticidas<br>Otro tipo de plaguicidas<br>Estricnina<br>Warfarina<br>Protectores de madera   |
| <b>Inflamabilidad</b>                      | Acetona<br>Alcoholes<br>Líquido de frenos<br>Butano<br>Pegamento de contacto<br>Queroseno<br>Laca<br>Líquido de mecheros<br>Aceite de linaza<br>Metil-etil-cetona<br>Esmalte de uñas<br>Quitaesmalte<br>Naftalina<br>Pintura al óleo<br>Disolvente de pintura<br>Propano<br>Pegamento de goma<br>Cera de zapatos<br>Líquido de transmisión<br>Gas blanco<br>Tinte para madera |

Nota: Algunas sustancias poseen más de una característica peligrosa y algunos productos de consumo citados pueden contener otro tipo de componentes menos peligrosos por lo que hay que consultar la etiqueta. \*No necesariamente se le clasifica como peligroso.

Fuente: Cristina Cortinas de Nava, Base para integrar planes de manejo de residuos peligrosos domésticos.

Los daños causados por los compuestos que los residuos domésticos peligrosos pueden representar se encuentran:

Tabla 2-5 Daños asociados a los compuestos de los RPD.

| <b>COMPUESTO</b>                      | <b>DAÑO ASOCIADO</b>  | <b>COMPUESTO</b>                   | <b>DAÑO ASOCIADO</b>  |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|---|
| <b>AMONIACO</b>                       | Se encuentra en productos de limpieza, fotocopiadoras e impresoras láser. Provoca daños en ojos, aparato respiratorio y piel.   | <b>CLORURO DE VINILO</b>           | Son cancerígenos.   |
| <b>LEJIA</b>                          | Es muy corrosivo, puede provocar quemaduras o irritaciones en la piel, ojos y aparato respiratorio. Si se ingiere puede provocar edema pulmonar, vómitos y coma. Jamás se debe mezclar amoníaco y lejía, los humos que desprende la mezcla pueden ser mortales. | <b>FENOLES</b>                     | Se encuentran en desinfectantes, colas y preservantes de madera. Son muy tóxicos.   |
| <b>BENCENO</b>                        | Procede del petróleo, podemos encontrarlo en fibras sintéticas, plásticos, decapantes y en el humo del tabaco. Provoca daños en el sistema nervioso, irritación en las vías respiratorias, puede atacar el sistema inmunitario y producir leucemia.             | <b>FIBRA DE VIDRIO</b>             | Inhalada es peligrosa para la salud.  |
| <b>BIOXIDO DE TITANIO</b>             | Se encuentra en algunas pinturas. El proceso de producción de este producto provoca contaminación de vías fluviales.  | <b>FIBRAS MINERALES</b>            | Se encuentran en aislantes térmicos y acústicos. Provocan irritaciones.   |
| <b>CADMIO</b>                         | Se utiliza en pinturas o como protector contra el óxido. Es un metal pesado tóxico.   | <b>FORMAL-DEHIDOS</b>              | Se encuentran en alfombras y moquetas, en materiales aislantes, tableros aglomerados y sustancias para el tratamiento de madera. Provocan irritaciones en ojos, nariz, garganta y dolores de cabeza y asma. |
| <b>CFC, CLOROFLUORO-CARBONOS</b>      | Se encuentra en aerosoles y como refrigerantes. Destructor de la capa de ozono.   | <b>HALON</b>                       | Se usa para la extinción de incendios. Daña la capa de ozono.   |
| <b>CLORO</b>                          | Se usa como blanqueador de papel. Pueden desprender toxinas que contaminan agua y aire.   | <b>PENTA-CLORO-FENOL</b>           | Se encuentra en productos para la conservación de la madera. Perjudicial para la salud.   |
| <b>COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES</b> | Se encuentran en disolventes, pinturas o barnices. Son depresivos, provocan vértigos y pueden ser cancerígenos.   | <b>TETRA-CLORO-RURO DE CARBONO</b> | Es un disolvente y daña la capa de ozono.   |
| <b>COMPUESTOS ORGANOCLO-RADOS</b>     | Se encuentran en plásticos, pinturas y disolventes. Pueden provocar aturdimientos, náuseas y vértigos.  | <b>XILENO Y TOLUENO</b>            | Se encuentran en tintes, barnices, pinturas, monitores de Tv, fotocopiadoras. Perjudicial para la salud. (López Aguilar, 2000).   |

Fuente: Cristina Cortinas de Nava, 2008.

## 2.2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Este subíndice tiene como objetivo mostrar el panorama de la legislación relacionada con los residuos sólidos urbanos que le competen a la Ciudad de México, antes Distrito Federal y la legislación básica en materia de residuos peligrosos. En la tabla siguiente se muestran las normas recabadas, sus competencias e implicaciones.

Tabla 2-6 Normativa Aplicable al desarrollo del estudio.

| <b>Norma Mexicana</b>  | <b>Competencia e implicaciones</b>  |
|--|---|
| <p><b>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR):</b></p> <p><b>Última reforma publicada DOF 05-12-2014.</b></p> | <p>Clasifica los residuos en tres grandes grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólidos Urbanos</li> <li>- De Manejo especial</li> <li>- Peligrosos</li> </ul> <p>Define las competencias de cada uno de los tres niveles de gobierno:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Federal: Residuos peligrosos en general</li> <li>-Entes federativos: Residuos de manejo especial.</li> <li>-Municipios: Residuos Urbanos y microgeneradores de Residuos Peligrosos</li> </ul> <p>La Ciudad de México le competen tanto las obligaciones de los entes federativos como de los municipios</p> <p>Le asigna a la SEMARNAT la obligación de formular el programa nacional con base en un diagnóstico, administrar las autorizaciones de gestión de los RESPEL y ejercer las sanciones.</p> <p>Obliga a los actores del ciclo de los residuos peligrosos a implementar planes de manejo e incluye su contenido mínimo, principio de responsabilidad compartida</p> |
| <p><b>Reglamento LGPGIR</b></p>  | <p>Determina las condiciones generales de los planes de manejo de residuos sólidos. Delega a las autoridades municipales, en coordinación con la SEMARNAT, la implementación de planes de manejo para los residuos peligrosos domésticos.</p> <p>Delega responsabilidades en la SEMARNAT, entes municipales, generadores y gestores de RESPEL no domésticos.</p>  |

Elaboración propia.

Tabla 2-7 Normativa Aplicable al desarrollo del estudio. Continuación.

| <b><i>Norma Mexicana</i></b>  | <b><i>Competencia e implicaciones</i></b>   |
|---|---|
| <b>Ley de Residuos del Distrito Federal. Última reforma publicada 28-01-2015</b>              | <p>Solo compete a Residuos no peligrosos y a nivel local. Asigna a la Secretaría la función de emitir normas relacionadas con el manejo de los residuos que son un peligro para el ser humano, el equilibrio ecológico y el ambiente</p> <p>A la Secretaría de Obras y Servicios controlar la prestación del servicio de limpia, imponer sanciones desde su competencia</p> <p>A la Secretaría de Salud emitir recomendaciones imponer sanciones desde su competencia</p> <p>A las alcaldías: Prestar el servicio de limpia, capacitar a los usuarios sobre separación y garantizar los instrumentos para hacerla, imponer sanciones desde su competencia</p> |
| <b>Reglamento de Ley de Residuos del Distrito Federal Publicado el 07 de octubre de 2008.</b> | <p>Solo compete a Residuos no peligrosos y a nivel local. Vincula las instituciones educativas como actores en las acciones de gestión de residuos sólidos.</p> <p>Ordena la separación en orgánicos e inorgánicos</p>  |
| <b>NMX-AA-015-1985 Secretaría de Comercio y fomento Industrial</b>                            | Para residuos sólidos urbanos: método de cuarteo y toma de muestra y el contenido mínimo del informe.   |
| <b>NMX-AA-019-1985 Secretaría de Comercio y fomento Industrial</b>                            | Para residuos sólidos urbanos: determinación del peso volumétrico de la muestra obtenida por cuarteo y contenido mínimo del informe   |
| <b>NMX-AA-022-1985 Secretaría de Comercio y fomento Industrial</b>                            | Para residuos sólidos urbanos: clasificación y pesaje de los residuos de la muestra obtenida por cuarteo y contenido mínimo del informe   |
| <b>NMX-AA-061-1985 Secretaría de Comercio y fomento Industrial</b>                            | Para residuos sólidos urbanos: obtención de la tasa de generación a partir del tratamiento estadístico de los datos de un muestreo estadístico aleatorio.   |
| <b>NOM-052-SEMARNAT-2005</b>  | Para residuos peligrosos: metodología de clasificación y listados de residuos peligrosos no domésticos  |
| <b>NADF-024-AMBT-2013</b>   | Para residuos sólidos urbanos: criterios para la separación en la fuente, recolección selectiva y almacenamiento en la Ciudad de México. Incluye la lista de residuos de origen doméstico considerados peligrosos.  |
| <b>NOM-189-SSA1/SCFI-2002</b>   | Para elementos de aseo de uso doméstico: rotulado y envasado mínimo de los productos. Requerimientos para materiales peligrosos de uso doméstico.   |

Elaboración propia.

### 2.2.1. Revisión de normatividad aplicable y estudio de generación.

Para efectos de la cuantificación y caracterización de residuos sólidos urbanos se aplicaron las metodologías de las normas siguientes, mencionando que debido a su año en la que fueron decretadas están sujetas a ser obsoletas, sin embargo debido a que no existe otra que las sustituya, como es en el caso de la norma NMX –AA- 022-1985 la cual menciona la selección y cuantificación de subproductos, en ésta se reemplazará su listado por la que contiene la norma NADF-024-AMBT-2013, que establece los criterios y especificaciones técnicas bajo los cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de los residuos del distrito federal.

#### **NMX-AA-61-1985 Determinación de la generación de residuos sólidos municipales**

Esta Norma Oficial Mexicana especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio.

##### A) PROCEDIMIENTO DE CAMPO

Obtenido con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en kg/hab-día, a partir de la información obtenida de un muestreo estadístico, aleatorio en campo, con duración de ocho días para cada uno de los estratos.

1. Selección del riesgo  $\alpha$ , con el que se realiza el muestreo.
2. Tamaño de la premuestra “n”, a partir del riesgo  $\alpha$  seleccionado

| <i>Riesgo</i> | <i>Tamaño de la premuestra</i> |
|---------------|--------------------------------|
| ( $\alpha$ )  | (n)                            |
| 0.05          | 115                            |
| 0.1           | 80                             |
| 0.2           | 50                             |

3. Determinar y ubicar el universo de trabajo de 300 a 500 casas.
4. Contar y numerar en orden progresivo los elementos del universo de trabajo.
5. Seleccionar aleatoriamente los elementos del universo para formar la premuestra.
6. Identificar físicamente los elementos de las premuestra en el universo de trabajo.
7. Recorrer el universo de trabajo, visitando a los habitantes de las casas seleccionadas.
8. Realizar la operación limpieza el “primer día del muestreo”.

9. A partir del segundo día, hasta el séptimo día de muestreo, se recogen las bolsas conteniendo los residuos generados el día anterior, y se reemplaza por una bolsa nueva. El octavo día únicamente se recogen las bolsas con los residuos generados el día anterior.
10. Diariamente después de recoger los residuos sólidos generados el día anterior, se procede a pesar cada elemento anotando su valor en la cédula de encuesta, en el renglón correspondiente al día en que fue generado.
11. Para obtener el valor de la generación per-cápita de residuos sólidos en kg/hab-día correspondiente a la fecha en que fueron generados; se divide el peso de los residuos sólidos entre el número de habitantes de la casa habitación.

#### B) EVALUACION DE RESULTADOS

1. De los siete datos obtenidos de cada casa habitación, obtener el promedio de generación de residuos per cápita.
2. Realizar el análisis de rechazo de observaciones sospechosas, empleando el criterio DIXON como esta norma lo indica.
3. Una vez rechazadas o aceptadas las observaciones sospechosas, realizar el análisis estadístico de los “n” promedio, para obtener la media de la generación per – cápita diaria de los valores promedio por casa habitación y la desviación estándar.
4. Verificar el tamaño de la muestra, empleando la distribución “t” de Student.
5. Realizar el análisis de confiabilidad con el fin de poder aceptar o rechazar los estadísticos de la muestra como los parámetros del universo de trabajo, para el nivel de confianza establecido.

(SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL., 1985).

#### **NMX –AA- 015 1985 Muestreo método de cuarteo.**

Esta Norma Oficial Mexicana, establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.

#### A) Procedimiento:

1. Participación de al menos tres personas.
2. Se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos, vaciando su contenido sobre un área plana de 4m x 4m de cemento pulido o similar y bajo techo.
3. Se homogeneizarán los residuos con una pala, para dividirse en cuatro partes y se eliminarán las partes opuestas.
4. Repitiendo el paso anterior hasta dejar un mínimo de 50kg de RSU. Con los cuales se hará la selección de subproductos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-22.

5. De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10kg aproximadamente de residuos sólidos para los análisis del laboratorio, físicos, químicos y biológicos, con el resto se determina el peso volumétrico de los residuos sólidos "in situ", según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-19.

(SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, 1985)

**NMX –AA- 022-1985 Selección y cuantificación de subproductos, y NADF-024-AMBT-2013.**

Esta Norma Mexicana establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Municipales.

A) Selección:

Como se establece en la Norma Mexicana NOM-AA-015 y se toman como mínimo 50 kg, que procede de las áreas del primer cuarteo que no fueron eliminadas. Con la muestra ya obtenida, se seleccionan los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno hasta agotarlos, de acuerdo con la siguiente clasificación, como lo menciona la norma NADF-024-AMBT-2013.

1. Separación primaria

Tabla 2-8 Separación primaria NADF-024-AMBT-2013.

| <b>SEPARACIÓN PRIMARIA</b>                                  |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>Residuos orgánicos</b>                                   | Residuos inorgánicos            |
| <b>Flores</b>   | Papel*                          |
| <b>Pasto</b>  | Cartón*                         |
| <b>Hojarasca</b>  | Plástico                        |
| <b>Restos de comida</b>                                     | Vidrio                          |
| <b>Cáscaras de fruta, verdura y hortalizas</b>              | Metales                         |
| <b>Cascarón de huevo</b>                                    | Ropa y textiles                 |
| <b>Restos de café y té</b>                                  | Maderas procesadas*             |
| <b>Restos de café y té (de papel)</b>                       | Envases multicapas              |
| <b>Pan</b>  | Utensilios de cocina            |
| <b>Tortillas</b>  | Residuos sanitarios             |
| <b>Golosinas</b>  | Bolsas de frituras              |
| <b>Bagazo de frutas</b>                                     | Calzado                         |
| <b>Productos lácteos (sin recipiente)</b>                   | Hule                            |
| <b>Cenizas, viruta de lápiz y aserrín</b>                   | Gomas                           |
| <b>Huesos y productos cárnicos</b>                          | Celofán                         |
| <b>Servilletas de papel usadas</b>                          | Espejos                         |
| <b>Heces de animales</b>                                    | Plumas, plumones, lápices       |
| <b>Desechables degradables (fécula de maíz, caña, etc.)</b> | Poliestireno expandido (Unicel) |
|   | Cerámicos                       |
|   | Colillas de cigarro             |

Fuente: NADF-024-AMBT-2013.

## 2. Separación primaria avanzada

Tabla 2-9 Residuos biodegradables susceptibles de ser aprovechados NADF-024-AMBT-2013.

| <b>RESIDUOS BIODEGRADABLES SUSCEPTIBLES DE SER APROVECHADOS</b> |                               |
|---|-------------------------------|
| <b>Materiales</b>   | <b>Aprovechamientos</b>       |
| <b>Residuos de jardinería:</b>                                  | <b>Producción de:</b>         |
| <b>Flores, pasto, hojarasca, ramas</b>                          | Acolchado (Mulch)             |
| <b>Residuo de alimentos:</b>                                    | Alimento para animales        |
| <b>Restos de verduras, hortalizas y frutas</b>                  | Biogás                        |
| <b>Cascarón de huevo</b>  | Biofertilizantes              |
| <b>Restos de café y té</b>                                      | Abono                         |
| <b>Filtros de papel para café y té</b>                          | Composta                      |
| <b>Pan</b>  | Lombricomposta                |
| <b>Tortillas</b>  | Fertilizante orgánico líquido |
| <b>Productos lácteos (sin recipiente)</b>                       | Jabones                       |
| <b>Huesos</b>   | Bio-combustibles              |
| <b>Bioplásticos</b>   | Digestato fertilizante        |
| <b>Aceite comestible usado</b>                                  |                               |

Fuente: NADF-024-AMBT-2013.

## 3. Residuos orgánicos con potencial de reciclaje

Tabla 2-10 Residuos inorgánicos con potencial de reciclaje NADF-024-AMBT-2013.

| <b>RESIDUOS INORGÁNICOS CON POTENCIAL DE RECICLAJE</b> |                               |
|--|-------------------------------|
| <b>Materiales</b>                                      | <b>Aprovechamientos como:</b> |
| <b>Papel y cartón</b>                                  | Pulpa de papel y cartón       |
| <b>Plástico</b>  | Aglomerados                   |
| <b>Vidrio</b>  | Pellets                       |
| <b>Metales</b>   | Hojuelas                      |
| <b>Ropa y textiles</b>                                 | Vidrio                        |
| <b>Maderas</b>   | Productos metálicos           |
| <b>Envases multicapas</b>                              | Piezas metálicas varias       |
|  | Estopa                        |

Fuente: NADF-024-AMBT-2013.

#### 4. Residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado

Tabla 2-11 Residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado NADF-024-AMBT-2013.

| <b>RESIDUOS INORGÁNICOS DE APROVECHAMIENTO LIMITADO</b>                   |  |
|---|--|
| <b>Materiales</b>   | <b>Posible aprovechamiento o aplicación</b>                    |
| <b>Residuos sanitarios</b>  | Valorización energética (Co-procesamiento) Tratamiento térmico |
| <b>Pañuelos usados</b>  |  |
| <b>Papel de baño</b>  |  |
| <b>Preservativos</b>  |  |
| <b>Toallas sanitarias</b>   |  |
| <b>Cotonetes</b>  |  |
| <b>Curitas</b>  |  |
| <b>Pañales</b>  |  |
| <b>Plásticos de difícil aprovechamiento</b>                               |  |
| <b>Plásticos con aditivos degradantes (oxo, foto y termo degradables)</b> |  |
| <b>Celofán</b>  |  |
| <b>Poli papel</b>   |  |
| <b>Poliestireno expandido (Unicel)</b>                                    |  |
| <b>Bolsas de frituras</b>   |  |
| <b>Otros</b>  |  |
| <b>Calzado</b>  |  |
| <b>Hule</b>   |  |
| <b>Bolígrafos, plumones, lápices</b>                                      |  |
| <b>Filtros de aspiradora</b>  |  |
| <b>Filtros de aire y agua</b>   |  |
| <b>Colillas de cigarro</b>  |  |
| <b>Chicles</b>  |  |
| <b>Residuos de rechazo</b>  |  |

Fuente: NADF-024-AMBT-2013.

## 5. Residuos de manejo especial y voluminoso

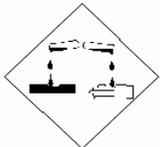
Tabla 2-12 Residuos de manejo especial y voluminoso. NADF-024-AMBT-2013.

| <b>RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL Y VOLUMINOSOS</b>   |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <b>Enseres y muebles</b>   | Aprovechamiento                      |
| <b><i>Manejo especial</i></b>  |                                      |
| <b>Grandes y pequeños electrodomésticos</b>  | Rehúso                               |
| <b>Equipos de informática y telecomunicaciones</b>   |                                      |
| <b>Aparatos electrónicos de consumo y paneles fotovoltaicos</b>  | Extracción de materiales reciclables |
| <b>Aparatos de alumbrado</b>   |                                      |
| <b>Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran tamaño)</b>  |                                      |
| <b>Instrumentos de vigilancia y control</b>  |                                      |
| <b>Pilas y baterías de contengan litio, níquel, mercurio, manganeso, plomo, zinc o cualquier otro elemento que permita la generación de energía eléctrica en las mismas, en los niveles que no sean considerados como residuos peligrosos en la norma oficial mexicana correspondiente</b> |                                      |
| <b>Radiografías</b>  |                                      |
| <b>Voluminosos</b>   |                                      |
| <b>Colchones</b>   |                                      |
| <b>Muebles</b>   |                                      |
| <b>Juguetes o equipos deportivos y de ocio</b>   |                                      |
| <b>Muebles/equipamientos sanitarios (con excepción de todos los productos implantados e infectados)</b>  |                                      |
| <b>Máquinas expendedoras</b>   |                                      |
| <b>Llantas</b>   |                                      |

Fuente: NADF-024-AMBT-2013.

6. Residuos peligrosos provenientes de fuentes distintas a los establecimientos comerciales, industriales o de servicios.

Tabla 2-13 Residuos peligrosos provenientes de fuentes distintas a los establecimientos comerciales, industriales o de servicios. NADF-024-AMBT-2013.

| <b>Material con riesgo Potencial de Peligrosidad</b>   | <b>Productos</b>   | <b>Acciones</b>   |
|--|--|---|
| <p>Mantenimiento automotriz <b>Contenedor vacío o con residuos, y los subproductos contaminados con ellos, tales como: Estopas impregnadas con grasas, aceites y solventes, Filtros de gasolina y aceite Contenedores metálicos</b></p>  | <p>Aceite de motor<br/>Aditivos para gasolina y aceite Anticongelante<br/>Baterías ácido-plomo<br/>Cera para autos<br/>Combustibles<br/>Limpiador de carburador<br/>Limpiador de motor<br/>Líquido de transmisión<br/>Líquido para frenos</p>  | <p>Los residuos contenidos en esta lista deberán entregarse a los responsables de los Planes de Manejo específicos autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría; o en los programas que la Secretaría y la Secretaría de Obras establezcan.</p> |
| <p>Productos para el mantenimiento del hogar<br/><b>Contenedor vacío o con residuos, Estopas o trapos impregnados, brochas, rodillos, esponjas, etc.</b></p>   | <p>Empastes<br/>Pegamentos y adhesivos<br/>Pintura base agua y base solvente<br/>Removedor de pintura y barniz<br/>Selladores<br/>Solventes<br/>Tintas para madera</p>   |   |
| <p>Biocidas<br/><b>Contenedor vacío o con restos del producto y los subproductos contaminados con ellos.</b></p>   | <p>Conservadores de madera<br/>Insecticidas<br/>Naftalina en todas sus presentaciones (p.ej. bolitas)<br/>Repelente de insectos<br/>Raticidas</p>  |   |
| <p>Productos de limpieza<br/><b>Contenedor vacío o con restos del producto y los subproductos contaminados con ellos, tales como: trapos impregnados. Aquellos productos cuyo envase esté clasificado como peligroso, de acuerdo a la NOM-189-SSA1/SCFI-2012</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="237 1213 402 1360" style="text-align: center;"> <br/>           Figura 1         </div> <div data-bbox="409 1213 574 1360" style="text-align: center;"> <br/>           Figura 2         </div> </div> | <p>Destapa caños<br/>Desinfectantes para baño<br/>Grasa para zapatos<br/>Pulidores y limpiadores de metales.<br/>Limpia azulejos<br/>Limpiadores base amoniaco o ácido clorhídrico<br/>Limpiadores de aluminio<br/>Limpiadores para hornos<br/>Productos para pulir muebles<br/>Quita sarro</p>  |   |
| <p>Salud-Medico asistenciales</p>  | <p>Medicamentos caducos para humanos o mascotas</p>  |   |
| <p>Varios</p>  | <p>Pilas y baterías*<br/>Asbesto<br/>Cosméticos caducos Radiografías<br/>Desodorante de ambiente<br/>Explosivos (pirotecnia)<br/>Lámparas fluorescentes*<br/>Lámpara o focos ahorradores*<br/>Materiales para pintura artística (tubos de pintura)<br/>Productos de revelado fotográficos<br/>Productos químicos para albercas<br/>Tintes para cabello</p> |   |

Fuente: NADF-024-AMBT-2013.

B) Cuantificación:

Los subproductos ya clasificados se pesan por separado en la balanza granataria y se anota el resultado en la hoja de registro.

El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se calcula con la siguiente expresión:

$$PS = \frac{G_1}{G} (100)$$

En donde:

PS = Porcentaje del subproducto considerado.

G1 = Peso del subproducto considerado, en kg; descontando el peso de la bolsa empleada.

G = Peso total de la muestra (mínimo 50 kg).

El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes debe ser como mínimo el 98% del peso total de la muestra (G). En caso contrario, se debe repetir la determinación.

(SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL , 1985)

**NMX –AA- 019-1985 Peso Volumétrico “in situ” de los residuos sólidos municipales.**

Esta Norma Oficial Mexicana, establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó la operación de "cuarteo".

A) Procedimiento:

1. Se requiere al menos dos personas.
2. se verifica que el recipiente esté limpio y libre de abolladuras; así como también que la báscula esté nivelada. A continuación, se pesa el recipiente vacío, tomando este peso como la tara del recipiente.
3. Llenar el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-15; golpee el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm.
4. Nuevamente agregar residuos sólidos hasta el tope.
5. Para obtener el peso neto de los residuos sólidos, se pasa el recipiente con estos y se resta el valor de la tara.

B) Cálculo

1. El peso volumétrico del residuo sólido se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$P_v = \frac{P}{V}$$

En donde:

Pv = Peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m<sup>3</sup>

p = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en kg

V = Volumen del recipiente, en m<sup>3</sup>

(SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, 1985).

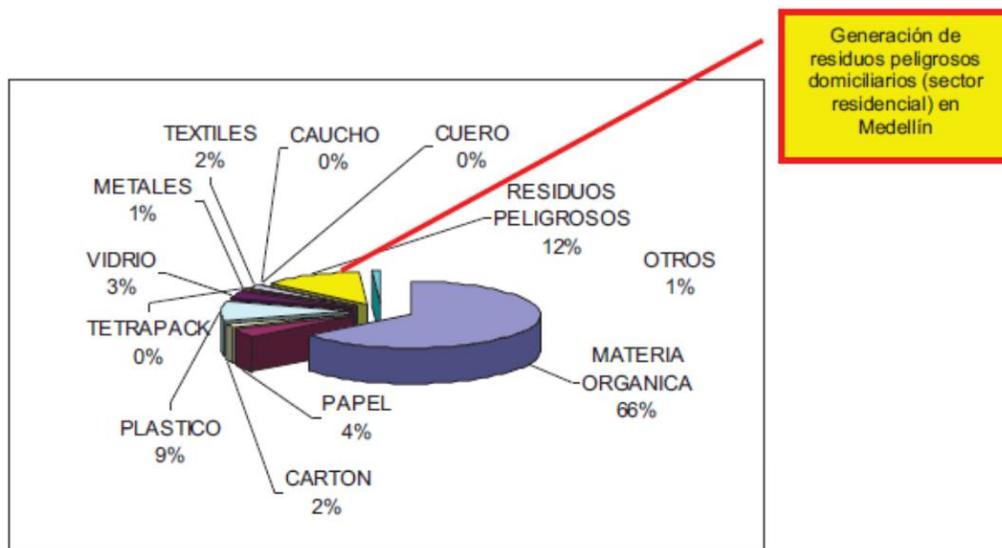
## 2.3. ESTADO DEL ARTE

Este apartado tiene como propósito mostrar un panorama acerca de diversos estudios que se han realizado en materia de residuos domésticos peligrosos. Se muestran los trabajos realizados a nivel internacional y aquellos realizados en México.

### 2.3.1. Internacional

#### COLOMBIA

En el año 2006 La Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico realizó un estudio sobre la producción de residuos de grandes y pequeños productores en el país. La conclusión del estudio muestra que únicamente en la ciudad de Medellín se contempla la existencia de los Residuos Domésticos Peligrosos. (Gaviria Lebrún, 2012). Los cuales se encuentran en una proporción del 12% como se muestra en la sig. Figura. 2.6.



*Fuente: Estudio de Producción y Caracterización de Residuos Sólidos Generados en el Sector Residencial de la Ciudad de Medellín y sus cinco Corregimientos. EEVVM ESP.*

Figura 2.6 Composición física de los residuos sólidos generados en el sector residencial de Medellín, marzo de 2006.

Fuente: (Gaviria Lebrún, 2012).

## BOGOTÁ

La Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C. Colombia, en 2011 presentó la guía RESPEL para el manejo de residuos peligrosos generados en las viviendas. (Secretaría Distrital de Ambiente., 2011 ) Estudio donde define a los residuos peligrosos de origen doméstico RESPEL. Propone cómo se pueden gestionar estos residuos peligrosos dentro de nuestra vivienda.



Figura 2.7 Fragmento de la guía del "Manejo de los RPD generados dentro de las viviendas". Ejemplo de productos de consumo con potencial de peligrosidad.

Fuente: (Secretaría Distrital 2011)

## INDONESIA

En 2017 los autores Elanda Fikri, eta al. Realizaron el estudio de las "Características y la generación de residuos peligrosos tóxicos domésticos generación basada en el estado económico y topográfico en regiones en la ciudad de Semarang, Indonesia". En donde se menciona que las actividades domésticas producen Residuos Tóxicos y Peligrosos Domésticos (Household Toxic and Hazardous Waste, HTHW).

Se realizó la determinación de HTHW para 400 familias, obteniéndose que la característica más grande de HTHW en la Semarang es 79% infecciosa, 13% venenosa, 6% combustible y 2% corrosivo. Con una generación de HTHW de 0.01kg/p/hab. El cual representó el 5.1% del total de residuos sólidos urbanos. (Elanda Fikri, 2017). (Figura 2.8)

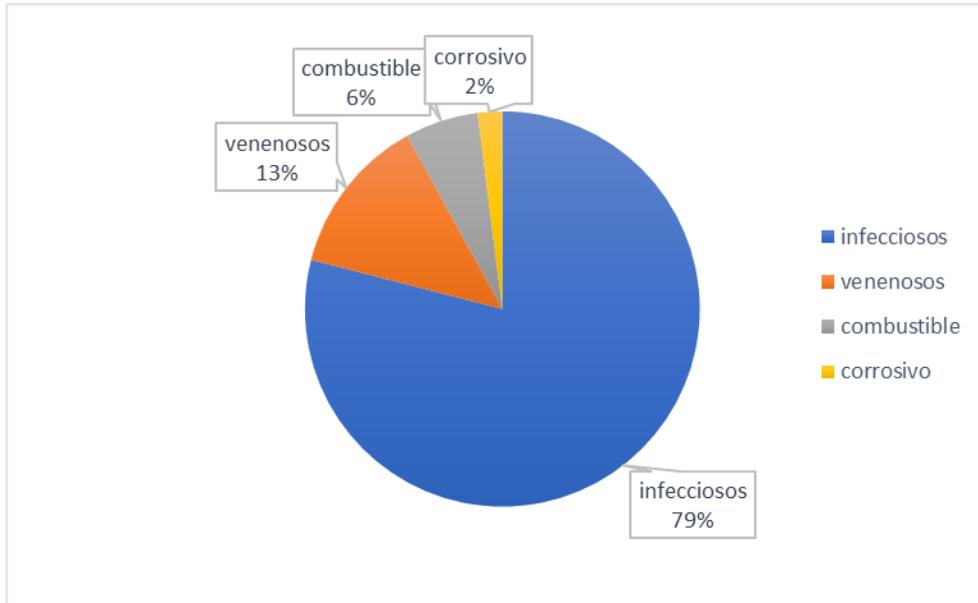


Figura 2.8 Comparación de las características de los residuos domésticos peligrosos.

Fuente: (Elanda Fikri, 2017).

Se concluyó que el nivel de educación, ocupación, nivel de ingresos y estilo de vida son factores potenciales en la generación de residuos tóxicos y peligrosos domésticos en la Ciudad de Semarang. (Figura 2.9)

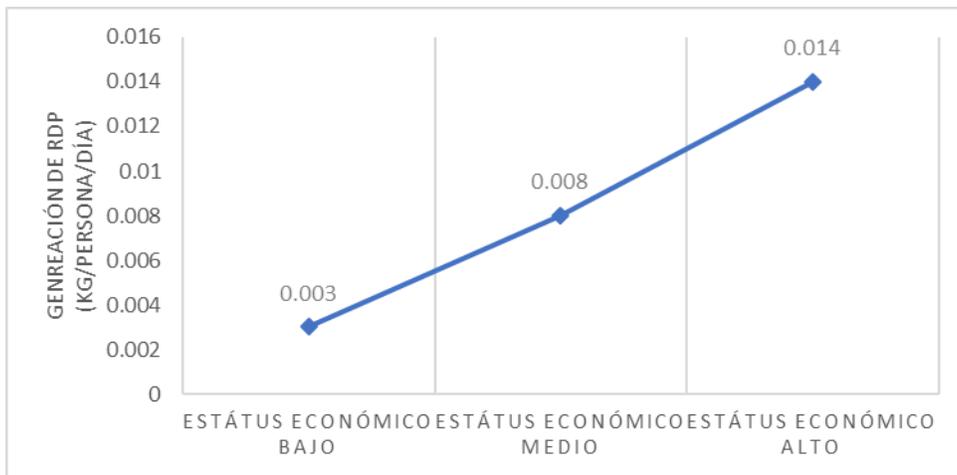


Figura 2.9 Comparación del nivel socioeconómico de las personas generadoras de RDP.

Fuente: (Household Toxic and Hazardous Waste, HTHW).

## ESTADOS UNIDOS

En 2013 se publicó el estudio de los autores Travis P. Wagner, Patti Toews, y Rachel Bouvier *“Increasing diversion of household hazardous wastes and materials through mandatory retail take-back”* (Travis P. Wagner, 2013). En donde se concluye que la responsabilidad compartida con la implementación de un programa de devolución minorista obligatorio puede mejorar la comodidad del usuario en comparación de los programas de recolección periódicos. El condado de San Luis Obispo, California, con una población de 271,960, fue el primer condado en los EE. UU. En establecer un programa obligatorio de devolución minorista para materiales y residuos peligrosos domésticos específicos: lámparas fluorescentes, baterías domésticas, material médico punzocortante y pintura de látex. Entre abril de 2009 y octubre de 2012, las tasas de recaudación aumentaron dramáticamente de casi cero por ciento a aproximadamente 36.44% para lámparas fluorescentes, 21.4% para baterías domésticas, 28.43% para pintura látex y 72.65% para material punzante usado.

## KUWAIT

Una revisión de la literatura disponible indica que no hay información reciente sobre el alcance de los accidentes de sustancias peligrosas en los hogares en Kuwait, (Parviz A. Koushki, 2002) o sobre el nivel de conocimiento de los hogares con respecto a estas sustancias. Los autores Parviz A. Koushki, P.E., M.ASCE, Jasem M. Al-Humoud y M.ASCE. Realizaron el reporte de investigación en 2002 con el objetivo de determinar el tipo y la cantidad de materiales peligrosos más comúnmente usados en hogares en Kuwait; el nivel de conciencia de los jefes de familia con respecto a la eliminación de estas sustancias; y la extensión de accidentes y lesiones relacionadas con sustancias peligrosas que ocurren en los hogares. Mediante un cuestionario para 1200 familias. Los hallazgos indicaron que los limpiadores de inodoros, el blanqueador de cloro, los limpiadores de vidrios / ventanas, los venenos de cucarachas, los limpiadores de hornos y los detapacaños, son las cinco principales sustancias peligrosas que se consumen con mayor frecuencia en los hogares residenciales.

## UNIÓN EUROPEA

En el año 2002 La Comisión Europea Ambiental realizó un estudio sobre la situación de generación y gestión de los residuos domésticos peligrosos en la región, la cual abarca los quince Estados miembros y dos Estados agregados. La metodología realizada se basó en establecer como prioridad aquellas sustancias que representaban un mayor riesgo para la salud humana y el ambiente, para después identificar aquellos productos de uso doméstico que podrían contener estas sustancias. La tabla 2.14 Señala aquellas sustancias priorizadas en el estudio.

Tabla 2-14 Sustancias priorizadas en Europa.

| <b>Sustancias Químicas priorizadas</b> | <b>Residuos domésticos considerados peligrosos en el EWC (European Waste Catalogue)</b>   |
|--|---|
| <b>Arsénico</b>                        | Solventes   |
| <b>Plomo</b>                           | Ácidos  |
| <b>Cadmio</b>                          | Bases   |
| <b>Cromo</b>                           | Reactivos fotoquímicos  |
| <b>Cobre</b>                           | Plaguicidas   |
| <b>Niquel</b>                          | Equipos descartados que contienen fluorocarbonados  |
| <b>Mercurio</b>                        | Aceites y grasas adicionales a las mencionadas en (20 01 25)  |
| <b>Zinc</b>                            | Pinturas, tintas, adhesivos y resinas que contienen sustancias peligrosas   |
| <b>PCBs</b>                            | Detergentes que contienen sustancias peligrosas   |
| <b>Benceno</b>                         | Medicinas citotóxicas.  |
| <b>Tetracloroetileno</b>               | Baterías y acumuladores incluidos en 16 06 01, 16 06 02 o 16 06 03 y baterías y acumuladores sin clasificar                             |
| <b>Tricloroetileno</b>                 | Equipos eléctricos y electrónicos descartados adicionales a los mencionados en 20 01 21 y 20 01 23 que contienen componentes peligrosos |
| <b>Cianuro de sodio</b>                | Madera que contiene sustancias peligrosas   |

Fuente: (GENERAL ENVIRONMENT EUROPEAN COMMISSION, 2002).

### USEPA

La USEPA (United States Environmental Protection Agency) considera algunos productos domésticos restantes como productos que pueden incendiarse, reaccionar o explotar en determinadas circunstancias, o que pueden ser corrosivos, tóxicos como los residuos domésticos peligrosos. Los productos como pinturas, limpiadores, aceites, baterías y pesticidas pueden contener ingredientes peligrosos y requieren de un cuidado especial cuando se dispongan.

### RIESGOS EN EL MANEJO

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos menciona que para evitar los riesgos asociados a los HHW (residuos domésticos peligrosos), es importante que las personas siempre supervisen el uso, el almacenamiento y la eliminación de productos con sustancias potencialmente peligrosas en sus hogares. La eliminación inadecuada de los RDP puede incluir verterlos por el desagüe, en el suelo, en alcantarillas pluviales o, en algunos casos, expulsarlos con la basura normal.

Los peligros de estos métodos de eliminación pueden no ser inmediatamente obvios, pero la eliminación inadecuada de estos desechos puede contaminar el medio ambiente y representar una amenaza para la salud humana. Ciertos tipos de RDP tienen el potencial de causar lesiones físicas a los trabajadores de saneamiento, contaminar tanques sépticos o sistemas de tratamiento de aguas residuales si se vierten en desagües o inodoros. También pueden presentar riesgos para los niños y las mascotas si se dejan en la casa.

Como recomendaciones para el manejo de los RDP la USEPA menciona:

Tabla 2-15 Recomendaciones para el manejo de RDP.

| <b>Recomendaciones para el manejo de RPD</b>   |
|--|
| 1. Seguir cuidadosamente las instrucciones de uso y almacenamiento provistas en las etiquetas de los productos para evitar accidentes en el hogar  |
| 2. Asegúrese de leer las etiquetas de los productos para conocer las instrucciones de eliminación para reducir el riesgo de que los productos exploten, se incendien, se filtren, se mezclen con otros productos químicos o planteen otros peligros en el camino a una instalación de eliminación.                             |
| 3. Nunca almacenar productos peligrosos en contenedores de alimentos; Guardarlos en sus contenedores originales y nunca quite las etiquetas. Los contenedores corroídos, sin embargo, requerirán un manejo especial. Llame al oficial local de materiales peligrosos o al departamento de bomberos para obtener instrucciones. |
| 4. Cuando queden restos, nunca mezcle HHW con otros productos. Los productos incompatibles pueden reaccionar, encenderse o explotar, y los HHW contaminados pueden volverse irre recuperables.   |
| 5. Si la localidad donde se generan los RDP no cuenta con un sistema de recolección durante todo el año, verificar si hay algún día designado en el área para recolectarlos en una ubicación central para garantizar una administración y eliminación segura.  |
| 6. Si la localidad no tiene un sitio de recolección permanente ni un día de recolección especial, es posible que se pueda dejar algunos productos en las empresas locales para reciclarlos o desecharlos adecuadamente.  |
| 7. Los contenedores vacíos de RDP pueden representar un peligro debido a los productos químicos residuales que pudieran quedar, así que trátelos con cuidado también.  |

Fuente: USEPA.

Como ejemplos de RDP la USEPA menciona a los:

- Limpiadores de cañerías
- Limpiadores de cristales

- Cera para muebles
- Desodorizador de alfombra
- Pulidor de plata

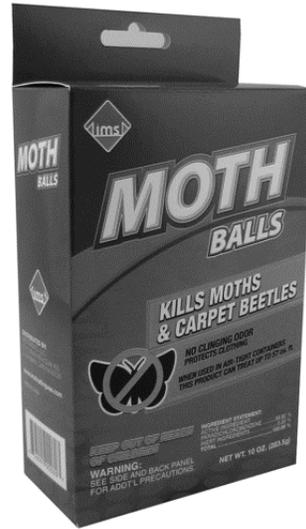


Figura 2.10 Moth balls, bolas de naftalina

Fuente: Google imágenes.

## REINO UNIDO

La legislación sobre residuos en el Reino Unido (Reino Unido) implementa las Directivas y Reglamentos de la Unión Europea (UE).

En el año 2008, se realizó un estudio nombrado “The management of Household Hazardous Waste in the United Kingdom” bajo la autoría de R.J. Slack\*, J.R. Gronow, N. Voulvoulis. (R.J. Slack\*, 2008). Este documento discute los problemas que afectan la gestión de HHW en el Reino Unido, incluida la aparente ausencia de una estructura regulatoria específica de HHW. Política y regulación se consideran las medidas que influyen en la gestión de HHW antes de su eliminación y después de su eliminación, con énfasis particular puesto en la disposición al vertedero.

Los residuos domésticos peligrosos (HHW) no están definidos en la legislación de la UE o del Reino Unido, aunque se hacen varias referencias, a menudo opacas. En el texto de la Directiva sobre residuos peligrosos y el Catálogo de Residuos, ambos transpuestos en las regulaciones del Reino Unido. Es posible que sea necesario evaluar los métodos alternativos de eliminación, incluida la eliminación por separado de Residuos peligrosos domésticos de los residuos sólidos urbanos. (R.J. Slack\*, 2008)



Figura 2.11 Productos domésticos comunes con propiedades potencialmente peligrosas.  
Fuente: (R.J. Slack\*, 2008)

En el año 2010, los autores RR. Slack, J. Gronow et al. Realizaron el estudio “Hazardous Components of Household Waste” Este artículo proporciona una revisión de los componentes peligrosos de los residuos domésticos. Describe los intentos de cuantificar esta corriente de desechos y proporciona una visión general de los riesgos para la salud y el medio ambiente que plantean dichas sustancias. Los resultados confirman la falta de información sobre las fuentes y las cantidades de HHW, junto con las discrepancias en los sistemas de clasificación en los diferentes países y las conclusiones contradictorias sobre los posibles riesgos ambientales y para la salud. (Slack R. et al., 2010)

Tabla 2-16 Otros Residuos Peligrosos Domésticos mencionados en otros estudios.

| <b>LUGAR DE ESTUDIO</b> | <b>RESIDUOS PELIGROSOS DOMÉSTICOS NO PRESENTADOS EN LA NORMA NADF-024-AMBT-2013.</b>   |
|-------------------------|--|
| <b>COLOMBIA</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Detectores de humo</li> <li>Rollos fotográficos</li> </ul>  |
| <b>BOGOTÁ</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Limpiador para hornos</li> <li>Tóner de impresoras</li> <li>Productos de aseo y limpieza</li> </ul>   |
| <b>UNIÓN EUROPEA</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Collares antipulgas para mascotas</li> <li>Limpiador y suavizante de pinceles</li> <li>Agentes desengrasantes</li> <li>Focos de bajo consumo de energía</li> <li>Tintas</li> <li>Lámparas de aceite</li> <li>Envolturas de plomo en vinos</li> <li>Esmalte de uñas y quitaesmalte</li> <li>Removedor de pinturas</li> </ul> |
| <b>USEPA</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Limpiadores de cristales</li> <li>Cera para muebles</li> <li>Desodorizador para alfombra</li> <li>Pulidor de plata</li> <li>Naftalina (contra insectos)</li> </ul>  |
| <b>UK</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Compuestos veterinarios</li> <li>Residuos de sustancias empleadas como solventes</li> <li>Látex</li> <li>Detergentes</li> </ul>   |
| <b>INDONESIA</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Blanqueador</li> <li>Suavizante de telas</li> <li>Productos para piscinas</li> <li>Perfumes</li> <li>Veneno para ratas</li> <li>Cosméticos</li> <li>Preservativos</li> <li>Vendaje</li> <li>Pañales</li> </ul>  |
| <b>ESTADOS UNIDOS</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lámparas fluorescentes</li> <li>Pintura de látex</li> </ul>   |

Elaboración propia.

### 2.3.2. Nacional

En México se han realizado en los últimos tres años diversos estudios relacionados con la generación de residuos urbanos peligrosos, entre los que se cuentan los realizados en Mexicali (Favela., 2009) y Chihuahua (Sandoval, 2009), Morelia Michoacán (Buenrostro & Márquez, 2004) y en la Ciudad de México (Rosas., 2000). Como se muestra en la tabla 2.17.

Tabla 2-17 Resultados por tipo de residuo doméstico peligroso.

| <i>Lugar de estudio</i>                     | <i>Metodología utilizada</i>   | <i>Porcentaje de RP</i> | <i>Categorías</i>   | <i>Año</i> |
|---|--|-------------------------|---|------------|
| <b>Mexicali, Baja California</b>            | Muestreo en el camión recolector en invierno y primavera y caracterización de acuerdo con la NMX-AA-15-1985 y NMX-AA-22-1985,<br><br>Reporta la selección de una muestra representativa por estrato, estratificación apoyada en datos de Planeación Local de siete a tres estratos | 4.58%                   | Mantenimiento automotriz<br>Mantenimiento del hogar<br>Biocidas<br>Productos de limpieza<br>Fármacos<br>Belleza y aseo personal<br>Baterías y eléctricos<br>Otros | 2009       |
| <b>Cauhtémoc, Chihuahua</b>                 | Muestreo en hogares seleccionados por estrato por una semana, de acuerdo con la NMX-AA-061-1985  | 2.83%                   | Cuidado personal<br>Fármacos y curación<br>Limpiadores<br>Automotriz<br>Plagas y jardín<br>Otros  | 2009       |
| <b>Ciudad de México</b>                     | Muestreo en los contenedores de una unidad habitacional, de acuerdo con la NMX-AA-15-1985 y NMX-AA-22-1985, realizando 10 muestreos en 4 semanas.  | 0.348%                  | Mantenimiento automotriz<br>Mantenimiento del hogar<br>Biocidas<br>Limpieza<br>Cuidado personal<br>Envases presurizados<br>Medicinas y curación<br>Pilas y otros  | 2000       |
| <b>Michoacán</b>                            | Con base en la clasificación propuesta por Wilson (1985). Esta clasificación se basa en la separación de los envases de acuerdo con el uso que se da al producto que contiene.   | 1.604%                  | Mantenimiento automotriz<br>Mantenimiento del hogar<br>Limpieza<br>Medicinas y curación<br>Pilas y Otros  | 2004       |
| <b>Ciudad de México (Zona de la Merced)</b> | Estudio de generación para determinar la composición de residuos domésticos peligrosos generados en la CDMX.   | 2.269%                  | Médico-asistenciales, de cuidado personal y limpieza  | 2017       |

Fuente: (Otalora, 2017).

Dado que los diferentes estudios realizados sobre RPD se dieron en países y en condiciones distintas, la generación y composición resultará diversa. En la tabla 2.18 se mencionan los porcentajes de RPD obtenidos en diversos estudios.

Tabla 2-18 Comparación del porcentaje de generación de RPD en diversos estudios.

| No. | Estudio                             | % de RPD de los RSU | Referencias   |
|-----|-------------------------------------|---------------------|---|
| 1   | Tehran                              | 10                  | Otoniel, B.D., Liliana, M.B., Francelia, P.G., 2008, Consumption Patterns and Household Hazardous Solid Waste Generation in an Urban Settlement in Mexico. Waste Management. 28, 52–56.   |
| 2   | Semarang, Indonesia (Peso volumen)  | 5.7                 | Elanda Fikri, P. P. (1 de septiembre de 2017). Characteristics and household toxic hazardous waste generation based on economic status and topographic regions in Semarang, Indonesia. Journal of Ecological Engineering, 18, 8-16. doi:10.12911/22998993/76209 |
| 3   | Massachussets, USA                  | 5                   | Paraskevopoulou, E., Poullos, K., Koukourikou, A., Kosmidou N., Sortikos K. 2009, Perspectives for integrated municipal solid waste management in Thessaloniki, Greece. Journal Waste Management, 29.1158–1162.   |
| 4   | Semarang Indonesia (Escala volumen) | 3.9                 | Elanda Fikri, P. P. (1 de septiembre de 2017). Characteristics and household toxic hazardous waste generation based on economic status and topographic regions in Semarang, Indonesia. Journal of Ecological Engineering, 18, 8-16. doi:10.12911/22998993/76209 |
| 5   | Mexicali                            | 3.7                 | Favela H., et al, (2009), Cuantificación de residuos sólidos domésticos peligrosos generados en dos periodos estacionales en una ciudad mexicana (Mexicali). En Memorias del II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla (12 pp.)        |
| 6   | Morelia, México                     | 1.6                 | Lakshmikantha, H., Lakshminarasimaiah N. 2007, Household Hazardous Waste Generation-Management. Proceeding of The International Conference on Sustainable Solid Waste Management 5–7 September 2007, Chennai, India; 163–168.                                   |
| 7   | Groenlandia                         | 1.2                 | Eisted, R., Christensen, T.H. 2011, Characterization of Household Waste in Greenland. Journal Waste Management. 31, 1461–1466.  |
| 8   | México                              | 1.01                | Otoniel, B.D., Liliana, M.B., Francelia, P.G., 2008, Consumption Patterns and Houshold Hazardous Solid Waste Generation in an Urban Settlement in Mexico. Waste Management. 28, 52–56.  |

Fuente: (Elanda Fikri, 2017).

Tabla 2-19 Comparación del porcentaje de generación de RPD en diversos estudios continuación.

| <b>No.</b> | <b>Estudio</b>        | <b>% de RPD de los RSU</b> | <b>Referencias</b>   |
|------------|-----------------------|----------------------------|--|
| 8          | México                | 1.01                       | Otoniel, B.D., Liliانا, M.B., Francelia, P.G., 2008, Consumption Patterns and Household Hazardous Solid Waste Generation in an Urban Settlement in Mexico. Waste Management. 28, 52–56.                |
| 9          | UK                    | 1                          | Rivera, M.M., & Rivera R.V., 2007, Practical Guide to Thesis and Dissertation Writing. Quezon City, Philippines: Katha Publishing.   |
| 10         | Karnataka, India      | 0.9                        | Fikri, E., Purwanto., Henna, R.S., 2016. Life cycle assessment of household hazardous waste management options for Semarang City, Indonesia. Int. J. Environment and Waste Management. 17(2), 146–157. |
| 11         | Mekong Delta, Vietnam | 0.2                        | Jin, J., Wang Z., Ran S., 2006, Solid waste management in Macao: Practices and challenges. Journal Waste Management. 26, 1045–1051.  |
| 12         | Thesaloniki, Yunani   | 0.06                       | 1. Ryan T.P., 2013, Sample Size Determination and Power. Hoboiken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.   |
| 13         | Hangzhou, China       | 0.05                       | Sevilla, C.G., 1990, A Research Primer. Quezon City Philippines: Rex Printing Company. Inc   |

Fuente: (Elanda Fikri, 2017).

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

En este capítulo se presentan las actividades realizadas dentro del plan de trabajo que tuvieron lugar dentro de la Unidad Habitacional Villa Olímpica, y se describe la metodología del estudio de generación realizado.

### 3.1. CARACTERIZACIÓN DE CASO DE ESTUDIO

En este apartado se pretende describir la historia, zona y ubicación de la unidad habitacional en donde se realizó el estudio de generación de residuos sólidos municipales.

#### 3.1.1. Antecedentes de la zona

##### HISTORIA

La regla 37 del Comité Olímpico Internacional obliga al Comité Organizador de los Juegos Olímpicos, y al de los Juegos de Invierno, a “proporcionar una Villa para hombres y otra para mujeres en la que los competidores y oficiales de equipo puedan ser alojados juntos y alimentados por un precio razonable”. Asimismo, indica que las Villas deben estar localizadas “tan cerca como sea posible del Estadio principal. Bajo el Comité Organizador de los Juegos de la XIX Olimpiada, se construyó La Villa Olímpica en una superficie de 9 hectáreas, propiedad del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, ampliada después con 20,000  $m^2$  situado en la alcaldía de Tlalpan, a sólo 4 Km. del Estadio de la Ciudad Universitaria -escogido ya desde entonces como escenario principal de los Juegos. Comunicados en todos sentidos por la Avenida de los Insurgentes, Anillo Periférico y la Calzada de Tlalpan.

El 2 de mayo de 1967 periodistas nacionales y extranjeros asistió a la iniciación de las obras, y 500 días después a su inauguración. (Gobierno de la Ciudad de México, 2017)

#### 3.1.2. Caracterización de la zona de estudio: Ubicación.

##### DESCRIPCIÓN

Los edificios y las instalaciones de la Villa Olímpica quedaron agrupados en varias zonas, a cuyos conjuntos dio acceso por una plazoleta paralela a la Avenida de los Insurgentes. Sobre la misma vía, hacia el sur, quedaron los servicios administrativos, la caseta de vigilancia y los gimnasios techados. Al poniente y circunscrita por una calle interior, está la zona de habitación, colindante con los campos de entrenamiento, el Club Internacional, los

comedores y las zonas comerciales y de prensa. En el extremo suroeste de la extensa área se encuentra el lienzo propiedad de la Asociación de Charros del Pedregal.

La zona de habitación está formada por 29 torres.: 13 de 10 niveles y 16 de 6, cuyas plantas tienen forma de H, unas; y otras de cruz asimétrica. El número total de departamentos es de 904, con 5 044 cuartos 2 572 baños: 524 unidades de vivienda tienen 6 cuartos y 380, 5; aun cuando 114 tienen 3 baños y sólo 2 los 140 restantes. Todas disponen de estancia y patio techado. La superficie construida por planta fue de 516.90  $m^2$  en 6 edificios y de 538  $m^2$  en los otros 23; el área total de 120 322  $m^2$ . Todas las torres cuentan con escalera, y con 2 elevadores para 14 personas cada uno. (Gobierno de la Ciudad de México, 2017).

En la Fuente: Google. se muestra una de las explanadas dentro de la Unidad Habitacional.



Figura 3.1 Unidad habitacional Villa Olímpica.

Fuente: Google.

El lugar de trabajo y donde se encuentra el material utilizado se encuentra dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, por lo que encontrar un sitio con rápido y fácil acceso, hicieron a esta unidad habitacional el lugar idóneo. En la figura 3.2 se ilustra la distancia entre el sitio de estudio y la Facultad de Ingeniería.

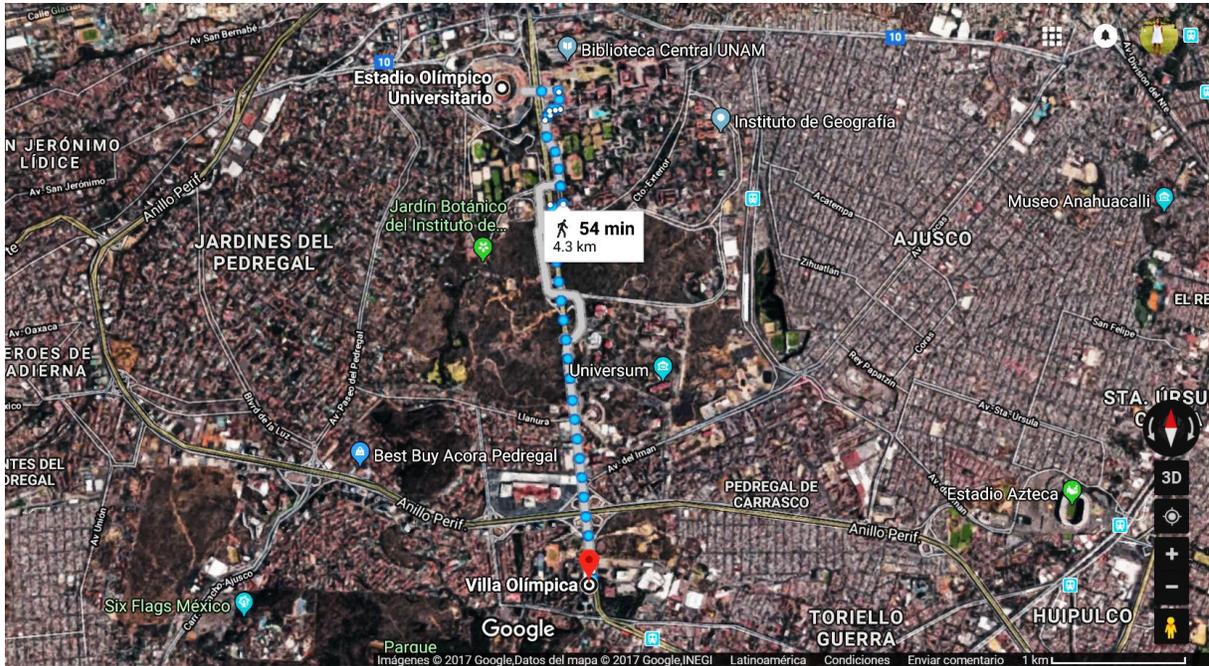


Figura 3.2 Distancia en km Villa Olímpica y Estadio Olímpico Universitario.

Fuente: Google earth.



Figura 3.3 Imagen satélite Villa Olímpica.

Fuente: Google earth.

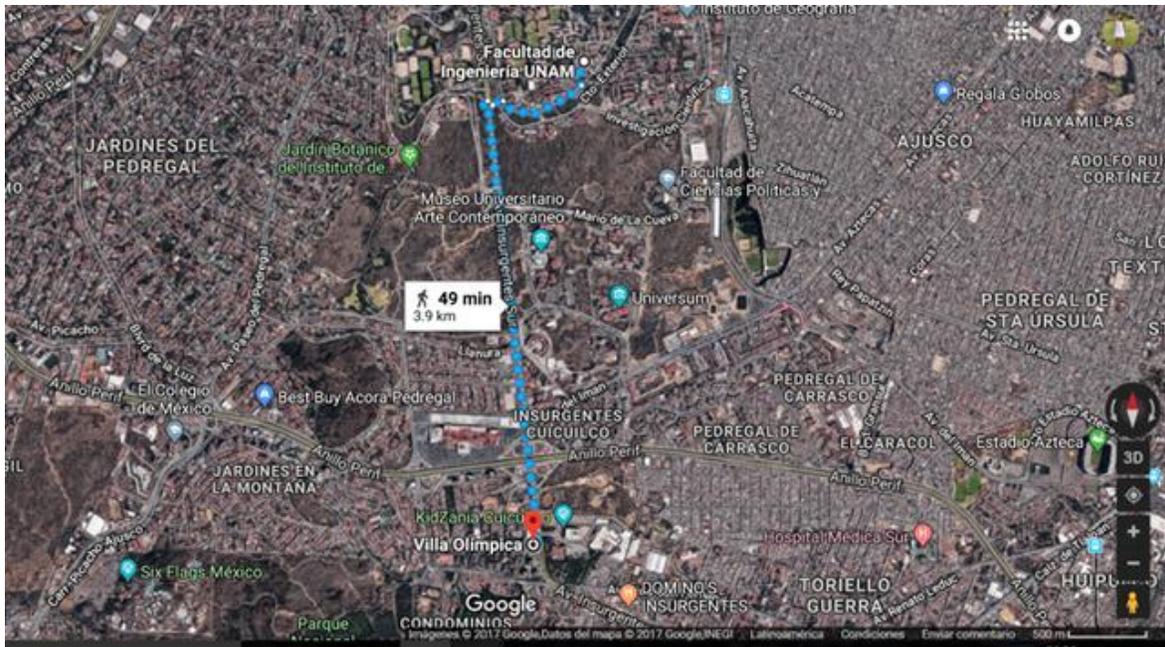


Figura 3.4 Distancia en km Villa Olímpica y Facultad de Ingeniería UNAM.

Fuente: Google earth.

## 3.2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

En este apartado se explica cómo se desarrollaron las metodologías planteadas para alcanzar los objetivos de conocer la composición de RPD, el reconocimiento del sitio, la entrevista de los participantes y el método de cuarteo.

### 3.2.1. Verificación en campo de la zona de estudio

Como parte del estudio se realizaron 3 visitas previas en la Unidad Habitacional Villa Olímpica en donde se cumplieron con las siguientes actividades:

- Con el fin de poder acceder a la Unidad Habitacional durante los días correspondientes al estudio de generación se tuvo una entrevista con el administrador de dicha unidad y en el cual se otorgaron los permisos correspondientes.
- Para el reconocimiento del sitio fueron ubicados los puntos de recolección de residuos de los habitantes, así como el área para poder realizar el método de cuarteo.
- Dentro de la Unidad, se localizaron los contenedores que almacenan los residuos de los residentes de la unidad, se encontraban diferenciados por desechos de mascotas, vidrio, papel y PET; éstos últimos depositados en tambos de color amarillo, azul, verde y rojo como se muestra en la figura 3.5.



Figura 3.5 Método de almacenamiento dentro de la Unidad Habitacional.

Elaboración propia.

- Fue determinado el método de disposición de residuos por ductos los cuales se localizaban dentro de los departamentos, para después depositarse en los contenedores vistos previamente y llevarse al área de contenedores generales de Villa Olímpica, mostrados en la figura 3.6.
- Los residentes de Villa Olímpica cuentan con ductos dentro de cada departamento el cual tiene la función de conducir sus residuos hasta los contenedores temporales bajo los edificios, donde los trabajadores de mantenimiento se encargan de recolectar los residuos y llevarlos hasta el almacén temporal de la unidad, la cual cuenta con divisiones para residuos de vidrio, PET, orgánicos entre los más destacados.



Figura 3.6 Ductos para la disposición de residuos dentro de los departamentos y el almacenamiento temporal.  
Elaboración propia.

### 3.2.2. Selección de los participantes del estudio de generación de RSU

#### 3.2.2.1 Selección de las casas

- La secuencia para la selección de los departamentos que participaron fue la siguiente:
  - a) Fueron enumerados los 29 edificios ubicados dentro de la unidad de forma secuencial.
  - b) Utilizando la función aleatoria RANDOM de Excel.
  - c) Fue tomada una muestra aleatoria de entre los 904 departamentos, obteniéndose una premuestra de 132 departamentos.

### 3.2.3. Recopilación de información

- Los 132 departamentos seleccionados fueron visitados para ser entrevistados y proporcionarles información de cómo se realizaría el proyecto durante los 8 días.
- En caso de que el departamento seleccionado no estuviera disponible para participar en el estudio, se abordaba al departamento o edificio contiguo.

- La muestra final fue de 85 departamentos, a los cuales se les otorgaron indicaciones de recibir 1 bolsa negra diaria en la cual depositarían sus RSU generados en 1 sólo día, sin ser estos separados.
- El domingo 14 de enero de 2018 se realizó la operación limpieza, en la cual las bolsas recolectadas no son pesadas ni clasificadas, con la finalidad de evitar sesgos en el muestreo.

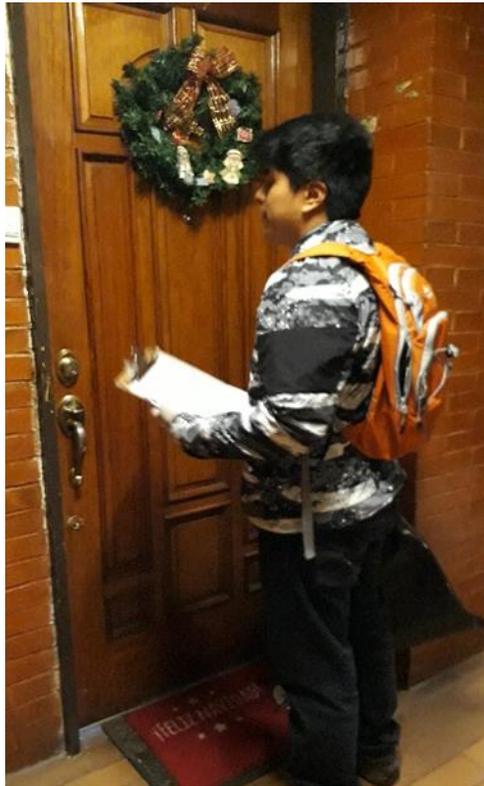


Figura 3.7 Entrevista de participación con los habitantes de la unidad.  
Elaboración propia.

### 3.3. ESTUDIO DE GENERACIÓN DIARIA DE RSU

Posteriormente a la entrevista con los departamentos participantes, a los cuales se les fue otorgada una bolsa diaria durante 7 días, para ser recolectados por la mañana a partir de las 7hrs.

Las bolsas en cada departamento fueron recolectadas y fue registrado el número de personas que fueron las responsables de generar esos residuos el día anterior a la recolección. Las personas entregaron todos sus residuos sin separarlos dentro de la bolsa que se les era otorgada un día anterior. Estas bolsas fueron repartidas de manera personal o dejadas en la entrada de sus departamentos. Figura. 3.7.

Posteriormente, fueron llevadas al lugar asignado para realizarse el pesaje y el cálculo del peso volumétrico, el método de cuarteo y la clasificación de estas.



Figura 3.8 Entrega y pesaje de residuos.  
Elaboración propia.

### 3.3.1. Caracterización de residuos

En el lugar asignado luego de pesados se retiraron de las bolsas y se mezclaron sobre una lona para realizar el cuarteo y la estimación del peso volumétrico de acuerdo con las normas. En la secuencia fotográfica se muestra el proceso de mezclado, cuarteo y posterior determinación del peso volumétrico.



Figura 3.9 Caracterización de los residuos sólidos, método de cuarteo.  
Elaboración propia.

Posterior al pesaje, los residuos en cada bolsa fueron vaciados y homogeneizados de acuerdo con lo indicado en la norma NMX-AA-015-1985, en una lona de 4x4 m, fueron abiertas las bolsas y vaciados sus residuos encima de ésta para ser mezclados y dividirse en cuatro partes con ayuda de una pala. Eliminando 2 partes de las 4 divisiones. Las partes opuestas para volverse a traspalear.

De acuerdo con la norma NMX-AA-019-1985, verificándose que el recipiente esté limpio y libre de abolladuras; así como también que la báscula esté nivelada. A continuación, fue pesado el recipiente vacío de 200 L, tomando este peso como la tara del recipiente. Paso seguido fue llenado con la muestra tomada del cuarteo de las partes opuestas para ser dejarlo caer 3 veces desde una altura de 10cm. Figura 3.9. Volviéndose a llenar con residuos el recipiente en este caso el tambo, pero sin presionar.

Para realizar la caracterización o cuantificación de subproductos, una porción de aproximadamente 50 kg obtenida por el método de cuarteo fue empleada. Los residuos

fueron colocados sobre una mesa, mismos que se caracterizaron con base en las fracciones y componentes enlistadas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Subproductos clasificación de residuos.

| <b><i>Subproductos de los RSU</i></b> |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| <b>1</b>                              | Tetrapak               |
| <b>2</b>                              | Higiénico              |
| <b>3</b>                              | finos                  |
| <b>4</b>                              | bolsas                 |
| <b>5</b>                              | jardinería             |
| <b>6</b>                              | unicel                 |
| <b>7</b>                              | papel, periódico       |
| <b>8</b>                              | Vidrio transparente    |
| <b>9</b>                              | Vidrio de color        |
| <b>10</b>                             | orgánicos              |
| <b>11</b>                             | PET, PAD               |
| <b>12</b>                             | Plástico envolturas    |
| <b>13</b>                             | Cartón                 |
| <b>14</b>                             | Electrónicos           |
| <b>15</b>                             | Latas aluminio         |
| <b>16</b>                             | Otros metales ferrosos |
| <b>17</b>                             | Textil                 |
| <b>18</b>                             | Otros                  |
| <b>19</b>                             | Médico asistenciales   |
| <b>20</b>                             | Maquillaje             |
| <b>21</b>                             | Manto. Del Hogar       |
| <b>22</b>                             | Biocidas               |
| <b>23</b>                             | Manto. Automotriz      |

Elaboración propia.

### **3.4. ENCUESTAS Y ENTREVISTAS**

Como parte del trabajo de campo, fueron aplicadas encuestas a los participantes del estudio de generación de residuos sólidos. Esto con el fin de analizar aquellos factores que pueden afectar la generación y/o composición de los residuos que en el estudio se muestra.

Realizando una encuesta prueba, fue realizado el diseño de un cuestionario para el levantamiento de información, con el fin de evaluar la consistencia y exactitud estadística de las preguntas.

Dentro de la serie de preguntas de las encuestas, los conceptos importantes a determinar son los siguientes:

- Conocer el porcentaje de la población estudiada que conoce la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013 y si se lleva a cabo.
- Conocer los porcentajes de residuos domésticos peligrosos que la población genera, y si son conocidos sus riesgos de éstos.
- Conocer el porcentaje de la población que separa los residuos y qué tipo clasificación es realizada.

Fue aplicada la encuesta de la figura 3.10 y 3.11 a 64 personas de las 85 casas que participaron dentro del estudio de generación. Estas encuestas fueron realizadas en las puertas de las casas participantes del estudio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería Ambiental

“Estudio de generación de residuos sólidos urbanos dentro de la Unidad Habitacional Villa Olímpica”



Como parte del trabajo de investigación académico “Estudio de generación de residuos dentro de la Unidad Habitacional Villa Olímpica” a continuación se le pide hacer llenado de este cuestionario, como complemento de la información del estudio de caso.

Instrucciones: Dentro de los paréntesis llenar con (X) la opción que usted decida, y responder en los espacios \_\_\_\_\_ con su propia información.

NOMBRE: \_\_\_\_\_ DEPTO: \_\_\_\_\_ EDIF: \_\_\_\_\_ NÚM. HABITANTES: \_\_\_\_\_

SEXO: F \_\_\_ M \_\_\_ EDAD \_\_\_\_\_ GRADO DE ESCOLARIDAD \_\_\_\_\_

1. ¿Conoce la norma **NADF 024 AMBT 2013** QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BAJO LOS CUALES SE DEBERÁ REALIZAR LA SEPARACIÓN, CLASIFICACIÓN, RECOLECCIÓN SELECTIVA Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL DISTRITO FEDERAL?  
SI ( ) NO ( )
2. Si la respuesta fue SI ¿Entiende con claridad la forma separación y/o especificaciones de los residuos que se indica en esta norma?  
SI ( ) NO ( )
3. ¿Aplica en su departamento lo establecido en dicha norma?  
SI ( ) NO ( )
4. ¿Qué cantidad de residuos sólidos dentro de su domicilio genera en promedio (cocina, baño, sala etc) en un día?  
0-1 Kg ( ) 1-2Kg ( ) 2-3Kg ( ) 4-más ( )
5. ¿Qué aspectos considera que dificultan la clasificación de los residuos sólidos urbanos como lo indica la norma?  
( ) Falta de espacio para tantas bolsas  
( ) Pérdida de tiempo  
( ) Desconocimiento de la forma de hacerlo correctamente  
( ) Desconocimiento de las ventajas en un futuro
6. ¿Qué tipos de residuos se generan dentro de su departamento?  
( ) Orgánicos (Restos de comida, cáscaras de frutas, residuos de poda)  
( ) Residuos biodegradables susceptibles a ser aprovechados (Restos de hojarasca, restos de verduras, aceite comestible usado)  
( ) Residuos inorgánicos con potencial de reciclaje (Papel, cartón, vidrio, metales, textiles)  
( ) Residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado (Papel de baño usado, pañuelos usados, toallas sanitarias, colillas de cigarro)  
( ) Residuos de manejo especial y voluminosos (electrodomésticos, pilas, baterías, colchones, llantas)  
( ) Residuos domésticos peligrosos (Productos para el mantenimiento del hogar, medicamentos caducos)



Figura 3.10 Parte 1, encuesta aplicada a participantes del estudio.  
Elaboración propia.

7. ¿Cómo considera el servicio de recolección en su Unidad Habitacional?

( ) BUENO ( ) REGULAR ( ) MALO

11. Ejemplo:

|              |   |                     |         |                      |                         |                    |                    |
|--------------|---|---------------------|---------|----------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Destapacaños | 1 | <del>de 1 a 2</del> | 3 o más | <del>(L)</del> (pza) | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
|--------------|---|---------------------|---------|----------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|

8. ¿Pagaría más por un mejor servicio de recolección?

SI ( ) NO ( )

9. ¿Cómo considera el tipo de almacenamiento temporal (Contenedores) de residuos dentro de su domicilio?

( ) BUENO ( ) REGULAR ( ) MALO

10. ¿Qué tipo de servicio de recolección de residuos preferiría?

( ) Recolección interna (Intradomiciliaria) esperar al camión  
 ( ) Recolección externa (Llevar los residuos a sus correspondientes contenedores)

11. Marque a continuación en la tabla:

- A) La cantidad que desecha por cada tipo de residuo con "X" (Si no lo genera, no seleccione nada en la casilla)
- B) Marque si es por litros o por piezas con "X"
- C) Marque la frecuencia con la que desecha el residuo "X"

| TIPO DE RESIDUO                                       | CANTIDAD DESECHADA |                     |         | (L)= litros o (Pza)=piezas | FRECUENCIA DEL DESECHO  |                    |                    |
|---|--------------------|---------------------|---------|----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
|   | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más |                            | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Destapacaños  | 1                  | <del>de 1 a 2</del> | 3 o más | <del>(L)</del> (pza)       | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Pulidores y limpiadores para metales y recubrimientos | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Pulidores para muebles                                | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Quita sarro   | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Pinturas base solvente (aceite)                       | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Solventes (thinner y aguarrás)                        | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Pegamentos y adhesivos                                | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Removedor de pintura y barniz                         | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Selladores  | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Tintas para madera                                    | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Aceite de motor                                       | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Aceite lubricante gastado                             | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Aditivos para gasolina                                | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Líquido anticongelante                                | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Limpiador de carburador                               | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Limpiador de motor                                    | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Acumuladores/batería ácido-plomo                      | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Combustibles  | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Líquido para frenos                                   | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Conservadores de madera                               | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Conservadores de metales                              | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Insecticidas  | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Herbicidas  | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Raticidas   | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Limpiador de alfombras                                | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Botes con pintura                                     | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Detergentes   | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
| Medicamentos caducos para humanos o mascotas          | 1                  | de 1 a 2            | 3 o más | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |

Figura 3.11 Parte 2, encuesta aplicada a participantes del estudio. Elaboración propia.

12. Complete la tabla con las opciones que se muestran en la tabla:

Ejemplo:

|                          |        |               |    |    |               |          |                        |             |       |       |                   |
|--------------------------|--------|---------------|----|----|---------------|----------|------------------------|-------------|-------|-------|-------------------|
| Mantenimiento automotriz | Aceite | <del>SI</del> | No | Sí | <del>NO</del> | Separado | <del>No separado</del> | No almacena | Venta | Reuso | <del>Basura</del> |
|--------------------------|--------|---------------|----|----|---------------|----------|------------------------|-------------|-------|-------|-------------------|

| CATEGORÍA DE RESIDUOS                                   | CITE ALGUNOS EJEMPLOS | ¿LO CONSIDERA PELIGROSO? |    | ¿LO GENERA? |    | ¿CÓMO ALMACENA EL RESIDUO PREVIO A SU RECOLECCIÓN? |             |             | DESTINO QUE LE DA AL RESIDUO |       |        |
|---|-----------------------|--------------------------|----|-------------|----|--|-------------|-------------|------------------------------|-------|--------|
| Mantenimiento automotriz                                |                       | Sí                       | No | Sí          | No | Separado   | No separado | No almacena | Venta                        | Reuso | Basura |
| Productos para la limpieza y el mantenimiento del hogar |                       | Sí                       | No | Sí          | No | Separado   | No separado | No almacena | Venta                        | Reuso | Basura |
| Biocidas  |                       | Sí                       | No | Sí          | No | Separado   | No separado | No almacena | Venta                        | Reuso | Basura |
| Salud - Médico asistenciales                            |                       | Sí                       | No | Sí          | No | Separado   | No separado | No almacena | Venta                        | Reuso | Basura |

Se agradece su amable colaboración y participación en esta parte del trabajo de investigación.

Figura 3.12 Parte 3, encuesta aplicada a participantes del estudio. Elaboración propia.

## CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE CAMPO

El presente estudio recopiló información en tres frentes, por un lado, aquel destinado a calcular la generación per cápita de residuos sólidos, identificar las características de peso y composición de estos residuos y caracterizar la generación de residuos peligrosos de origen doméstico. Así como, a partir de la encuesta aplicada en el momento de contacto, identificar frecuencia y hábitos de generación de residuos peligrosos y la observación en campo de la dinámica de gestión alrededor de los residuos sólidos en la zona de estudio.

### 4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 4.1.1. Estudio de generación

El estudio se realizó conforme a lo planeado, no se presentaron problemas que afectaran la elaboración del estudio. Los 85 departamentos que colaboraron lo hicieron de forma oportuna y puntual, mostrando un interés en participar, sin embargo, dos departamentos no entregaron sus residuos todos los días de la semana. Esto puede deberse a que las personas que estuvieron en el momento de la recolección de los residuos no son las que fueron entrevistadas o simplemente desconocían del estudio, otra causa probable es que la gente olvidó dejar fuera la bolsa con sus residuos o simplemente no estaban al momento de la recolección. Se obtuvo un promedio de generación de residuos por habitante por día que va desde 0.53kg/hab\*día en día martes y miércoles hasta 0.67kg/hab\*día el día lunes. El porcentaje de residuos domésticos peligrosos fue del 4.78%, siendo los de mayor porcentaje aquellos de mantenimiento del hogar. Figura 4.1.

El 4.78% de los residuos generados dentro de Villa Olímpica, eran residuos domésticos peligrosos, figura 4.2. De los cuales éstos estaban compuestos por residuos de mantenimiento del hogar, de mantenimiento automotriz, médico asistenciales, biocidas y maquillaje, siendo los de mayor porcentaje los residuos de mantenimiento del hogar en un 53% figura 4.3.

Tabla 4-1 Generación promedio por habitante por día.

| GENERACIÓN PROMEDIO POR HABITANTE POR DÍA |       |        |           |        |         |        |         |
|---|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| DÍA                                       | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| Generación (Kg)                           | 0.67  | 0.53   | 0.53      | 0.56   | 0.57    | 0.58   | 0.62    |

Elaboración propia.

Tabla 4-2 Generación de residuos por tipo y día generado.

| <b>SUBPRODUCTO</b>               | <b>LUNES</b>  | <b>MARTES</b> | <b>MIÉRCOLES</b> | <b>JUEVES</b> | <b>VIERNES</b> | <b>SÁBADO</b> | <b>DOMINGO</b> | <b>PROMEDIO</b> | <b>TOTAL (kg)</b> | <b>%</b>   |
|----------------------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|-------------------|------------|
| <b>1</b> Tetrapak                | 0.204         | 0.336         | 0.296            | 0.306         | 1.016          | 0.959         | 1.089          | 0.601           | 4.206             | 1.76       |
| <b>2</b> Higiénico               | 3.468         | 2.560         | 1.480            | 2.664         | 2.881          | 3.267         | 3.977          | 2.900           | 20.297            | 8.49       |
| <b>3</b> finos                   | 0.434         | 0.386         | 0.420            | 0.112         | 0.174          | 0.251         | 0.112          | 0.270           | 1.889             | 0.79       |
| <b>4</b> bolsas                  | 0.860         | 1.008         | 0.906            | 1.012         | 1.572          | 1.077         | 1.619          | 1.151           | 8.054             | 3.37       |
| <b>5</b> jardinería              | 0.122         | 0.075         | 0.102            | 0.000         | 0.000          | 0.181         | 0.364          | 0.121           | 0.844             | 0.35       |
| <b>6</b> unicef                  | 0.018         | 0.386         | 0.070            | 0.068         | 0.355          | 0.312         | 0.577          | 0.255           | 1.786             | 0.75       |
| <b>7</b> papel, periódico        | 1.006         | 1.770         | 2.588            | 1.658         | 2.477          | 2.817         | 2.231          | 2.078           | 14.547            | 6.09       |
| <b>8</b> vidrio                  | 3.226         | 0.560         | 3.790            | 2.188         | 3.206          | 2.972         | 3.661          | 2.800           | 19.603            | 8.20       |
| <b>10</b> orgánicos              | 17.245        | 23.418        | 15.252           | 17.620        | 18.918         | 12.150        | 19.059         | 17.666          | 123.662           | 51.74      |
| <b>11</b> PET, PAD               | 0.870         | 0.462         | 1.286            | 0.810         | 1.902          | 1.539         | 1.275          | 1.163           | 8.144             | 3.41       |
| <b>12</b> Plástico envolturas    | 0.460         | 0.226         | 0.168            | 0.306         | 0.116          | 0.453         | 0.374          | 0.300           | 2.103             | 0.88       |
| <b>13</b> Cartón                 | 0.736         | 1.458         | 0.842            | 1.196         | 0.683          | 0.977         | 0.976          | 0.981           | 6.868             | 2.87       |
| <b>15</b> Latas aluminio         | 0.273         | 0.386         | 0.542            | 0.337         | 0.599          | 0.708         | 0.792          | 0.520           | 3.637             | 1.52       |
| <b>16</b> Otros metales ferrosos | 0.059         | 0.000         | 0.172            | 0.019         | 0.311          | 0.462         | 0.217          | 0.177           | 1.240             | 0.52       |
| <b>17</b> Textil                 | 0.164         | 0.000         | 0.000            | 0.575         | 0.000          | 0.209         | 0.073          | 0.146           | 1.021             | 0.43       |
| <b>18</b> Otros                  | 1.258         | 3.602         | 0.902            | 0.775         | 0.672          | 1.716         | 0.784          | 1.387           | 9.709             | 4.06       |
| <b>19</b> RDP                    | 1.456         | 1.878         | 1.128            | 2.108         | 1.655          | 1.736         | 1.456          | 1.631           | 11.417            | 4.78       |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>31.859</b> | <b>38.511</b> | <b>29.944</b>    | <b>31.754</b> | <b>36.537</b>  | <b>31.786</b> | <b>38.636</b>  |                 | <b>239.027</b>    | <b>100</b> |
| <b>PROMEDIO</b>                  | <b>1.87</b>   | <b>2.27</b>   | <b>1.76</b>      | <b>1.87</b>   | <b>2.15</b>    | <b>1.87</b>   | <b>2.27</b>    |                 | <b>14.06</b>      |            |

Elaboración propia.

Tabla 4-3 Generación de residuos de mantenimiento del hogar generados por día.

| <b>DÍA/<br/>SUBPRODUCTO</b>     | <b>LUNES</b> | <b>MARTES</b> | <b>MIÉRCOLES</b> | <b>JUEVES</b> | <b>VIERNES</b> | <b>SÁBADO</b> | <b>DOMINGO</b> | <b>PROMEDIO</b> | <b>TOTAL<br/>(kg)</b> | <b>%</b> |                      |
|---------------------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------|----------------------|
| <b>Electrónicos</b>             | 1.156        | 0.000         | 0.216            | 0.036         | 0.158          | 0.066         | 0.048          | 0.240           | 1.680                 | 14.71    | Electrónicos         |
| <b>Médico<br/>asistenciales</b> | 0.084        | 1.060         | 0.270            | 0.820         | 0.262          | 0.106         | 0.189          | 0.399           | 2.791                 | 24.45    | Médico asistenciales |
| <b>Maquillaje</b>               | 0.040        | 0.000         | 0.154            | 0.040         | 0.112          | 0.100         | 0.000          | 0.064           | 0.446                 | 3.91     | Maquillaje           |
| <b>Manto. Del<br/>Hogar</b>     | 0.176        | 0.818         | 0.488            | 0.956         | 0.938          | 1.464         | 1.219          | 0.866           | 6.059                 | 53.07    | Manto. Del Hogar     |
| <b>Biocidas</b>                 | 0.000        | 0.000         | 0.000            | 0.000         | 0.000          | 0.000         | 0.000          | 0.000           | 0.000                 |          | Biocidas             |
| <b>Manto.<br/>Automotriz</b>    | 0.000        | 0.000         | 0.000            | 0.256         | 0.185          | 0.000         | 0.000          | 0.063           | 0.441                 | 3.86     | Manto. Automotriz    |
| <b>TOTAL</b>                    |              |               |                  |               |                |               |                |                 | 11.417                |          |                      |

Elaboración propia.

Tabla 4-4 Generación de residuos por departamentos y día.

| GENERACIÓN POR HABITANTE POR DÍA |          |              |            |                       |        |           |        |         |        |         |   |
|----------------------------------|----------|--------------|------------|-----------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|---|
| ENTREVISTA                       |          |              |            | Generación kg/hab*día |        |           |        |         |        |         |   |
| NÚMERO                           | EDIFICIO | DEPARTAMENTO | HABITANTES | LUNES                 | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO | C |
| 1                                | 2        | 004          | 2          | 0.05                  | 0.28   | 0.15      | 0.33   | 0.28    | 0.03   | 0.03    |   |
| 2                                | 2        | 401          | 3          | -                     | 1.17   | 0.10      | 0.37   | 0.30    | 0.74   | 0.96    |   |
| 3                                | 2        | 501          | 2          | 1.51                  | 0.63   | 0.41      | 0.93   | 0.37    | 0.56   | 0.73    |   |
| 4                                | 2        | 104          | 2          | 0.70                  | 0.27   | 0.47      | 0.84   | -       | 0.62   | 0.94    |   |
| 5                                | 2        | 503          | 4          | 0.19                  | 0.27   | 0.21      | 0.26   | 0.30    | 0.30   | 0.39    |   |
| 6                                | 3        | 001          | 3          | 0.81                  | 0.22   | 0.41      | 0.91   | 0.92    | 0.68   | 0.89    |   |
| 7                                | 3        | 002          | 2          | 1.11                  | 0.42   | 0.19      | 0.94   | 0.48    | 0.96   | 0.96    |   |
| 8                                | 3        | 204          | 2          | 1.62                  | 1.05   | 2.26      | 0.97   | 0.63    | 1.26   | 1.26    |   |
| 9                                | 3        | 202          | 2          | 0.19                  | 0.33   | 0.43      | 1.01   | 0.54    | 0.72   | 0.72    |   |
| 10                               | 3        | 301          | 4          | 0.46                  | 0.04   | 0.74      | 0.12   | 0.05    | 1.02   | 0.97    |   |
| 11                               | 3        | 404          | 1          | 0.01                  | 0.19   | 0.09      | 0.95   | 0.96    | 0.30   | 0.30    |   |
| 12                               | 4        | 304          | 1          | 1.43                  | 0.88   | 0.66      | 1.95   | 0.60    | 0.34   | 0.90    |   |
| 13                               | 4        | 302          | 4          | 0.38                  | -      | 0.23      | 0.68   | 0.70    | 0.73   | 0.74    |   |
| 14                               | 4        | 403          | 4          | 3.87                  | 0.41   | 0.78      | 0.72   | 0.99    | 0.99   | 0.92    |   |
| 15                               | 4        | 404          | 1          | 0.32                  | 0.17   | 0.53      | 0.67   | 0.49    | 0.76   | 0.76    |   |
| 16                               | 4        | 501          | 3          | 0.19                  | 1.27   | 0.44      | 0.91   | 0.69    | 0.30   | 0.30    |   |
| 17                               | 5        | 502          | 3          | 0.48                  | 0.77   | 0.23      | 0.62   | -       | 0.35   | 0.65    |   |
| 18                               | 5        | 304          | 3          | 2.42                  | 0.49   | 0.40      | 0.50   | 0.76    | 0.34   | 0.34    |   |
| 19                               | 5        | 301          | 3          | 0.65                  | 0.91   | 0.26      | 0.26   | 0.27    | 0.60   | 0.60    |   |
| 20                               | 9        | 002          | 3          | 0.70                  | 0.31   | 0.88      | 0.25   | 0.03    | 0.03   | 0.03    |   |
| 21                               | 9        | 004          | 5          | 0.39                  | 0.43   | 0.74      | 0.70   | 0.21    | 0.09   | 0.09    |   |
| 22                               | 9        | 303          | 2          | 0.63                  | 0.37   | 0.22      | 0.53   | 0.38    | 0.38   | 0.38    |   |
| 23                               | 9        | 504          | 3          | 1.65                  | 2.08   | 0.41      | 0.76   | 0.52    | 0.39   | 0.39    |   |
| 24                               | 9        | 502          | 2          | 0.11                  | 1.15   | 0.05      | 0.19   | 0.38    | 0.05   | -       |   |
| 25                               | 10       | 102          | 4          | 0.32                  | 0.04   | 0.58      | 0.13   | 0.67    | 0.25   | 0.25    |   |
| 26                               | 10       | 104          | 4          | 0.53                  | 0.68   | 0.88      | 0.43   | 0.80    | 0.41   | 0.41    |   |
| 27                               | 10       | 103          | 4          | 0.78                  | 0.05   | -         | 0.70   | 0.60    | 0.71   | 0.71    |   |
| 28                               | 10       | 301          | 3          | 0.14                  | 0.46   | 0.10      | 0.09   | 0.17    | 0.47   | 0.47    |   |
| 29                               | 10       | 302          | 2          | 0.60                  | 0.42   | 0.21      | 0.31   | 0.43    | -      | 0.63    |   |
| 30                               | 10       | 303          | 4          | 0.21                  | 0.27   | 0.21      | 0.80   | 0.90    | 0.90   | 0.90    |   |
| 31                               | 10       | 002          | 1          | 1.48                  | 0.18   | 0.46      | 0.15   | 0.65    | 0.65   | 0.65    |   |
| 32                               | 10       | 001          | 4          | 0.49                  | 0.51   | 0.42      | 0.58   | 0.60    | 0.60   | 0.60    |   |
| 33                               | 10       | 201          | 2          | 1.05                  | 0.27   | 0.40      | 0.13   | 0.12    | 0.12   | 0.12    |   |
| 34                               | 10       | 403          | 5          | 0.20                  | 0.25   | 0.04      | 0.08   | 0.50    | 0.50   | 0.50    |   |
| 35                               | 10       | 503          | 2          | 0.70                  | 0.45   | 0.97      | 0.73   | 0.76    | 0.35   | 0.35    |   |
| 36                               | 11       | 904          | 3          | 0.70                  | 0.24   | 0.15      | 0.44   | 0.54    | 0.54   | 0.54    |   |
| 37                               | 11       | 004          | 1          | 0.77                  | 0.75   | 0.32      | 0.94   | 0.94    | 0.94   | 0.94    |   |
| 38                               | 11       | 103          | 5          | 0.69                  | 0.64   | -         | 1.03   | 1.75    | 1.63   | 1.49    |   |
| 39                               | 12       | 201          | 1          | 0.63                  | 0.84   | 0.15      | 0.27   | 0.07    | 0.07   | 0.07    |   |
| 40                               | 12       | 203          | 1          | 0.27                  | 0.15   | 0.57      | 0.27   | 0.27    | -      | 0.94    |   |
| 41                               | 12       | 301          | 1          | 0.52                  | 0.45   | 0.32      | 0.53   | 0.40    | 0.40   | 0.40    |   |
| 42                               | 12       | 303          | 4          | 0.47                  | 0.48   | 0.11      | 0.46   | 0.46    | 0.46   | 0.46    |   |
| 43                               | 12       | 401          | 4          | 0.52                  | 0.12   | 0.08      | 0.61   | 0.66    | 0.66   | 0.66    |   |
| 44                               | 12       | 004          | 4          | 0.12                  | 0.64   | 1.39      | 0.07   | 0.07    | 0.74   | 0.74    |   |
| 45                               | 12       | 404          | 4          | 0.24                  | 0.10   | 0.47      | 0.18   | 0.18    | 0.18   | 0.18    |   |
| 46                               | 12       | 501          | 4          | 0.39                  | 0.15   | 0.06      | 0.65   | 0.67    | 0.93   | 0.93    |   |
| 47                               | 12       | 101          | 3          | 0.38                  | 0.41   | 0.47      | 0.53   | 0.53    | 0.53   | 0.53    |   |
| 48                               | 12       | 103          | 3          | 0.51                  | 0.31   | 0.34      | 0.35   | 0.35    | 0.35   | 0.35    |   |
| 49                               | 13       | 303          | 2          | 0.10                  | 0.23   | 0.18      | 0.15   | 0.15    | 0.15   | -       |   |
| 50                               | 13       | 304          | 4          | 0.53                  | 0.37   | 0.36      | 0.49   | 0.79    | 0.79   | 0.79    |   |
| 51                               | 13       | 001          | 2          | 0.32                  | 0.49   | 0.76      | 1.22   | 0.67    | 0.67   | 0.67    |   |
| 52                               | 13       | 204          | 4          | 0.14                  | 0.77   | 0.12      | 0.32   | 0.32    | 0.65   | 0.65    |   |
| 53                               | 13       | 403          | 3          | 0.49                  | 0.21   | 0.56      | 0.42   | 0.42    | 0.42   | 0.42    |   |
| 54                               | 13       | 401          | 1          | 1.48                  | 1.62   | 0.14      | 1.71   | 1.11    | 1.11   | 1.11    |   |
| 55                               | 14       | 202          | 4          | 0.81                  | 0.78   | 0.42      | 0.46   | 0.87    | 0.87   | 0.87    |   |
| 56                               | 14       | 204          | 2          | 0.24                  | -      | 0.54      | -      | -       | 0.08   | -       |   |
| 57                               | 14       | 402          | 3          | 0.89                  | 0.35   | 0.24      | 0.25   | 0.45    | 0.40   | 0.40    |   |
| 58                               | 14       | 404          | 3          | 0.38                  | 0.21   | 0.27      | 0.16   | 0.05    | 0.39   | 0.39    |   |
| 59                               | 14       | 604          | 5          | 0.73                  | 0.69   | 0.47      | 0.75   | 0.75    | 0.17   | 0.17    |   |
| 60                               | 14       | 801          | 3          | 0.70                  | 0.24   | 0.56      | 0.28   | 0.32    | 0.32   | 0.32    |   |
| 61                               | 14       | 101          | 4          | 0.64                  | 0.72   | 0.45      | 0.72   | 0.81    | 0.42   | 0.42    |   |
| 62                               | 14       | 303          | 6          | 0.71                  | 0.64   | 0.41      | 0.56   | 0.48    | 0.47   | 0.47    |   |
| 63                               | 14       | 301          | 2          | 0.55                  | -      | -         | 0.12   | 0.17    | 0.17   | 0.17    |   |
| 64                               | 14       | 501          | 2          | 0.69                  | 1.01   | 0.71      | 1.54   | 0.45    | 0.90   | 0.90    |   |
| 65                               | 14       | 704          | 2          | 0.02                  | 0.54   | 0.94      | 0.96   | 0.96    | 0.25   | 0.25    |   |
| 66                               | 15       | 102          | 3          | 0.41                  | 1.02   | 0.89      | 0.65   | 1.37    | 1.61   | 1.61    |   |
| 67                               | 15       | 501          | 2          | 0.74                  | 0.19   | 1.20      | 0.45   | 0.45    | 0.45   | 0.45    |   |
| 68                               | 15       | 101          | 1          | 0.23                  | 0.43   | 0.56      | 0.93   | 0.71    | 0.71   | 0.71    |   |
| 69                               | 16       | 203          | 4          | 0.28                  | 0.46   | 0.70      | 0.69   | 0.41    | 0.47   | 0.47    |   |
| 70                               | 16       | 401          | 1          | 1.48                  | 0.66   | 2.25      | -      | 2.94    | 2.94   | 2.94    |   |
| 71                               | 16       | 501          | 1          | 0.95                  | 0.15   | 0.52      | 0.68   | 0.68    | 0.68   | 0.68    |   |
| 72                               | 17       | 003          | 3          | 0.44                  | 0.45   | 0.25      | 0.53   | 0.80    | 0.95   | 0.95    |   |
| 73                               | 17       | 503          | 3          | 0.46                  | 0.39   | 0.66      | 0.27   | 0.27    | 0.61   | 0.61    |   |
| 74                               | 17       | 501          | 4          | 0.81                  | 0.45   | 1.16      | 0.69   | 0.69    | 0.72   | 0.69    |   |
| 75                               | 17       | 402          | 2          | 1.59                  | 1.40   | 1.06      | 0.45   | 0.45    | 0.45   | 0.45    |   |
| 76                               | 17       | 303          | 4          | 0.28                  | 0.81   | 0.37      | 0.46   | 0.46    | 0.41   | 0.41    |   |
| 77                               | 17       | 301          | 2          | 0.82                  | 0.51   | 0.64      | 0.48   | 0.48    | 0.48   | 0.48    |   |
| 78                               | 17       | 202          | 2          | 0.17                  | 0.33   | 0.11      | 0.22   | 0.22    | 0.51   | 0.51    |   |
| 79                               | 17       | 203          | 3          | 0.78                  | 0.40   | 0.27      | 0.65   | 0.65    | 0.35   | 0.36    |   |
| 80                               | 18       | 203          | 1          | 1.48                  | 2.46   | 2.78      | 0.39   | 0.39    | 0.39   | 0.39    |   |
| 81                               | 18       | 104          | 2          | 1.84                  | 0.33   | 0.39      | 1.08   | 1.08    | 1.08   | 1.08    |   |
| 82                               | 18       | 201          | 2          | 1.05                  | 0.07   | 0.93      | 0.48   | 0.48    | 0.48   | -       |   |
| 83                               | 18       | 202          | 3          | 0.11                  | 0.50   | 0.75      | 0.16   | 0.16    | 0.16   | 0.18    |   |
| 84                               | 18       | 301          | 3          | 0.08                  | 0.32   | 0.45      | 0.32   | 0.32    | 0.74   | 0.69    |   |
| 85                               | 18       | 302          | 2          | 0.55                  | 0.45   | 0.68      | 0.79   | 0.79    | 0.79   | 0.68    |   |

Elaboración propia.

La figura 4.1 presenta los datos registrados por los 85 departamentos que participaron en el estudio, de los cuales se obtuvo un promedio de generación por habitante por día de la semana, como se muestra en la anterior tabla, donde se observa que la mayor cantidad generada se presentó el lunes.



Figura 4.1 Composición de RPD.  
Elaboración propia.

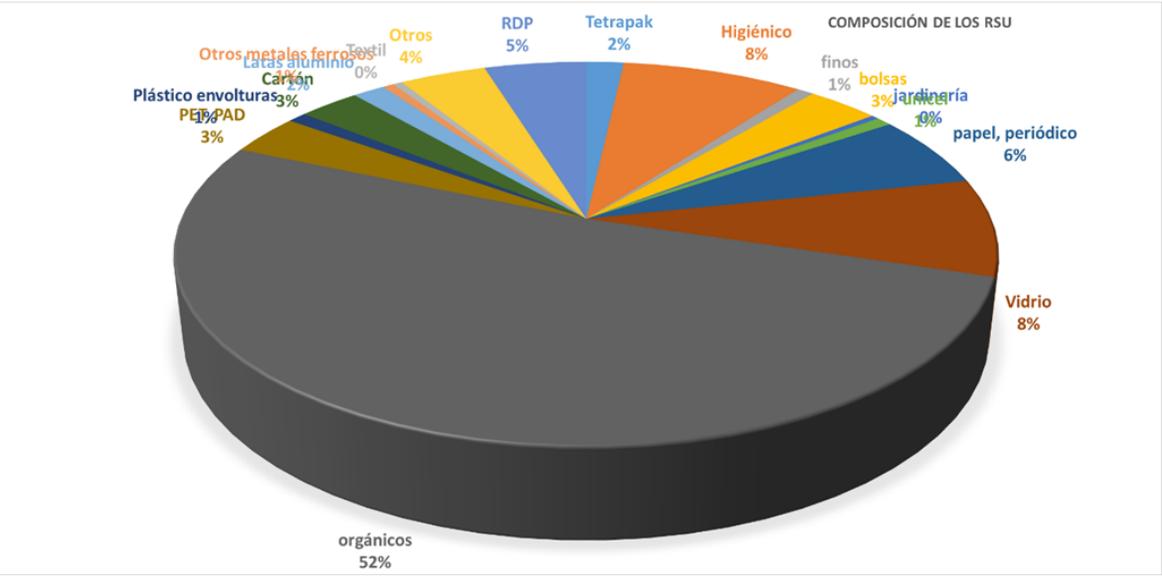


Figura 4.2 Composición de RSU.  
Elaboración propia.

La cantidad total de residuos utilizados en el estudio de generación fue de 239 kg de residuos sólidos urbanos, de los cuales es apreciable que el 52% los componen los residuos orgánicos, los cuales tienden a estar en mayor proporción en los RSU, figura 42. Seguido de los residuos de vidrio, los cuales se encontraron en departamentos donde la gente mencionó haber tenido reunión el día que generaron esos residuos. La siguiente Figura 4.3 muestra la generación promedio por habitante por día a lo largo de la semana del estudio.

#### 4.1.2. Encuestas

Los resultados de las encuestas aplicadas a los residentes de la unidad habitacional se muestran en la tabla 4.5. Se encuestaron 64 personas que participaron en el estudio de generación de residuos. Como parte de la búsqueda de conocer la cantidad aproximada que los habitantes generan de RPD, la tabla 4.7 muestra la generación de Residuos Peligrosos Domésticos estimada por los encuestados.

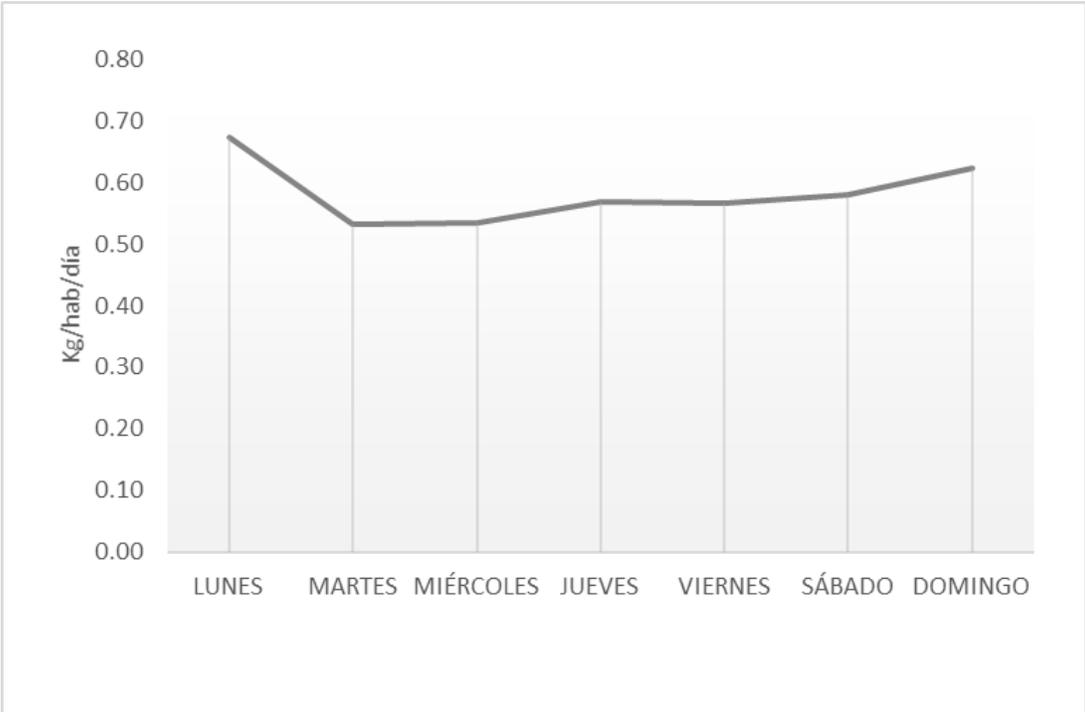


Figura 4.3 Generación promedio de RSU por habitante por día de la semana.  
Elaboración propia.

Tabla 4-5 Resultados generados en encuesta aplicada en Villa Olímpica.

| <b>Personas</b>   |    |
|---|----|
| <b>1. ¿Conoce la norma NADF 024 AMBT 2013 QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BAJO LOS CUALES SE DEBERÁ REALIZAR LA SEPARACIÓN, CLASIFICACIÓN, RECOLECCIÓN SELECTIVA Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL DISTRITO FEDERAL?</b> |    |
| SI  | 40 |
| NO  | 24 |
| <b>2. Si la respuesta fue SI ¿Entiende con claridad la forma separación y/o especificaciones de los residuos que se indica en esta norma?</b>   |    |
| SI  | 34 |
| NO  | 6  |
| <b>3. ¿Aplica en su departamento lo establecido en dicha norma?</b>   |    |
| SI  | 29 |
| NO  | 11 |
| <b>4. ¿Qué cantidad de residuos sólidos dentro de su domicilio genera en promedio (cocina, baño, sala etc) en un día?</b>   |    |
| 0-1 kg  | 29 |
| 1-2 kg  | 27 |
| 2-3 kg  | 7  |
| 4 o más kg  | 0  |
| <b>5. ¿Qué aspectos considera que dificultan la clasificación de los residuos sólidos urbanos como lo indica la norma?</b>  |    |
| Falta de espacio para tantas bolsas   | 35 |
| Pérdida de tiempo   | 16 |
| Desconocimiento de la forma de hacerlo correctamente  | 53 |
| Desconocimiento de las ventajas en un futuro  | 4  |
| <b>6. ¿Qué tipos de residuos se generan dentro de su departamento?</b>  |    |
| ( ) Orgánicos (Restos de comida, cáscaras de frutas, residuos de poda)  | 63 |
| ( ) Residuos biodegradables susceptibles a ser aprovechados (Restos de hojarasca, restos de verduras, aceite comestible usado)  | 51 |
| ( ) Residuos inorgánicos con potencial de reciclaje (Papel, cartón, vidrio, metales, textiles)  | 48 |

Elaboración propia.

Tabla 4-6 Resultados generados en encuesta aplicada en Villa Olímpica, continuación.

|   | <i>Personas</i> |
|---|-----------------|
| <input type="checkbox"/> Residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado (Papel de baño usado, pañuelos usados, toallas sanitarias, colillas de cigarro) | 56              |
| <input type="checkbox"/> Residuos de manejo especial y voluminosos (electrodomésticos, pilas, baterías, colchones, llantas)                               | 34              |
| <input type="checkbox"/> Residuos domésticos peligrosos (Productos para el mantenimiento del hogar, medicamentos caducos)                                 | 16              |
| <b>7. <i>Cómo considera el servicio de recolección en su Unidad Habitacional?</i></b>   |                 |
| <input type="checkbox"/> BUENO  | 23              |
| <input type="checkbox"/> REGULAR  | 19              |
| <input type="checkbox"/> MALO   | 22              |
| <b>8. <i>¿Pagaría más por un mejor servicio de recolección?</i></b>   |                 |
| SI  | 28              |
| NO  | 36              |
| <b>9. <i>¿Cómo considera el tipo de almacenamiento</i></b>  |                 |
| <input type="checkbox"/> BUENO  | 19              |
| <input type="checkbox"/> REGULAR  | 27              |
| <input type="checkbox"/> MALO   | 18              |
| <b>10. <i>¿Qué tipo de servicio</i></b>   |                 |
| <input type="checkbox"/> Recolección interna (Intradomiciliaria esperar al camión)  | 7               |
| <input type="checkbox"/> Recolección externa (Llevar los residuos a sus correspondientes contenedores)  | 57              |

Elaboración propia.

| <b>RESIDUO PELIGROSO DOMÉSTICO</b>                    | <b>1 x semana</b> | <b>1 x mes</b> | <b>1 x año</b> | <b>2 x semana</b> | <b>2 x mes</b> | <b>2 x año</b> | <b>3 x semana</b> | <b>3 x mes</b> | <b>3 x año</b> | <b>TOTAL</b> |
|---|-------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| Destapacaños  | 0                 | 3              | 48             | 0                 | 0              | 4              | 0                 | 0              | 0              | 55           |
| Pulidores y limpiadores para metales y recubrimientos | 0                 | 3              | 4              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 7            |
| Pulidores para muebles                                | 0                 | 0              | 12             | 0                 | 0              | 8              | 0                 | 0              | 0              | 20           |
| Quita sarro   | 5                 | 26             | 0              | 0                 | 4              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 35           |
| Pinturas base solvente (aceite)                       | 0                 | 4              | 12             | 0                 | 4              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 20           |
| Solventes (thinner y aguarrás)                        | 0                 | 12             | 0              | 0                 | 0              | 1              | 0                 | 0              | 0              | 13           |
| Pegamentos y adhesivos                                | 0                 | 12             | 11             | 0                 | 0              | 9              | 0                 | 0              | 0              | 32           |
| Removedor de pintura y barniz                         | 0                 | 0              | 4              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 4            |
| Selladores  | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0            |
| Tintas para madera                                    | 4                 | 8              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 12           |
| Aceite de motor                                       | 0                 | 12             | 16             | 0                 | 0              | 13             | 0                 | 4              | 0              | 45           |
| Aceite lubricante gastado                             | 0                 | 4              | 0              | 0                 | 0              | 4              | 0                 | 0              | 0              | 8            |
| Aditivos para gasolina                                | 0                 | 11             | 0              | 0                 | 4              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 15           |
| Líquido anticongelante                                | 0                 | 4              | 8              | 0                 | 0              | 12             | 0                 | 0              | 0              | 24           |
| Limpiador de carburador                               | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0            |
| Limpiador de motor                                    | 0                 | 4              | 7              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 11           |
| Acumuladores/batería ácido-plomo                      | 0                 | 4              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 4            |
| Combustibles  | 0                 | 0              | 6              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 6            |
| Líquido para frenos                                   | 0                 | 8              | 4              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 12           |
| Conservadores de madera                               | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 5              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 5            |
| Conservadores de metales                              | 0                 | 4              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 4            |
| Insecticidas  | 0                 | 11             | 3              | 0                 | 3              | 4              | 0                 | 0              | 2              | 23           |
| Herbicidas  | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0            |
| Raticidas   | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 0            |
| Limpiador de alfombras                                | 0                 | 0              | 4              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 0              | 4            |
| Botes con pintura                                     | 8                 | 2              | 8              | 0                 | 0              | 0              | 0                 | 0              | 1              | 19           |
| Detergentes   | 16                | 13             | 0              | 24                | 8              | 0              | 0                 | 0              | 2              | 63           |
| Medicamentos caducos <i>para humanos o mascotas</i>   | 0                 | 0              | 23             | 0                 | 0              | 24             | 0                 | 0              | 0              | 47           |
| <b>TOTAL</b>  | <b>33</b>         | <b>145</b>     | <b>170</b>     | <b>24</b>         | <b>28</b>      | <b>79</b>      | <b>0</b>          | <b>4</b>       | <b>5</b>       |              |

Tabla 4-7 Respuestas de generación de Residuos Peligrosos Domésticos.

Elaboración propia.

De los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta se puede mencionar que:

- El 62% de las personas encuestadas encargadas de la gestión de los residuos dentro de las casas, conocen la norma **NADF 024 AMBT 2013**. Sin embargo, de ese porcentaje el 85% de las personas no comprenden con claridad la forma correcta de separación de los residuos mencionado en dicha norma y sólo el 16% mencionó llevar a cabo la separación de los residuos como se menciona.
- Solo el 45% de las personas mencionaron que su generación diaria promedio de RSU es menos de 1kg. Siendo la respuesta con mayor número de incidencias.
- Dentro de los aspectos que dificultan que la separación de residuos se haga de manera correcta, el desconocimiento de la forma de hacerlo correctamente es la principal razón, representó el 82% de las personas, seguido de la falta de espacio para los botes necesarios para cada tipo de residuo.
- Dentro de los resultados obtenidos en cuando a la frecuencia de generación de residuos peligrosos domésticos, el de mayor frecuencia fue la generación de detergentes con una frecuencia mayor de 2 veces por semana.
- Los residuos generados por el uso de destapacaños tuvieron el segundo lugar en frecuencia y siguiendo de los medicamentos caducos.

Con respecto a los resultados del estudio de generación de los residuos de mantenimiento del hogar, éste fue realizado en un periodo de 8 días, el cual es establecido en la norma NMX-AA-61-1985, con el fin de contar con un día de limpieza el cual garantice que las personas participantes puedan deshacerse de todos los residuos acumulados para posteriormente durante los siete días sucesivos sean entregados sólo aquellos generados un día anterior, con el fin de obtener una muestra representativa. Sin embargo, la cantidad y el tipo de residuo generado será determinada por el día de la semana, la época del año, las festividades e incluso la estación del año. Estos patrones de conducta de los generadores se ven reflejados en el aumento de envolturas y plásticos que contuvieron un regalo en fechas de celebraciones, incluso en el aumento de residuos de vidrio.

## CAPITULO 5. PLAN DE MANEJO

Basado en la información obtenida del diagnóstico básico del manejo de residuos domésticos peligrosos, dentro de la Unidad Habitacional Villa Olímpica, a continuación se desarrolló el plan de manejo para los residuos de mantenimiento del hogar clasificados como residuos domésticos peligrosos que se generan en la Ciudad de México, en donde se describe la situación actual de la ciudad en cuanto a las cantidades generadas por delegación ahora mencionadas alcaldías, almacenamiento, propuesta de recolección y finalmente se sugieren medidas de aprovechamiento con posibles beneficios, la disposición final y su monitoreo, así como el marco legal vigente.

### 5.1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la SEMARNAT, los Planes de Manejo son instrumentos de gestión que tienen como objetivo minimizar la generación y maximizar la valorización de los residuos sólidos urbanos, los residuos de manejo especial y los residuos peligrosos específicos; bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos.

Con base en esto y a los resultados obtenidos en el estudio de generación dentro de la unidad habitacional Villa Olímpica, se realizó el desarrollo del plan de manejo de los residuos domésticos peligrosos el cual está diseñado:

- Bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral.
- Considerará el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables de gestión.
- Involucrará a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres órdenes de gobierno.

El reglamento de la LGPGIR plantea algunos datos que deberán incluirse en los planes de manejo:

- Los residuos objeto del plan de manejo, así como la cantidad que se estima manejar de cada uno de ellos.
- La forma en que se realizará la minimización de la cantidad, valorización o aprovechamiento de los residuos.
- Los mecanismos para que otros sujetos obligados puedan incorporarse a los planes de manejo.
- Los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.

## 5.2. INFORMACIÓN GENERAL

Las etapas del manejo de RS figura 5.1 con la generación. En algunos casos, continúa con la separación primaria y en otros directamente con el almacenamiento. Después, continúa con la recolección y transporte, transferencia, tratamiento y disposición final. Para considerar un manejo adecuado de RS, las actividades que deben realizarse son las siguientes: i) reducción o minimización de la fuente, ii) separación de orgánicos y tipos de inorgánicos, iii) valorización mediante el reúso o reciclaje, almacenamiento, recolección y transporte, iv) transferencia, v) tratamientos (físicos, biológicos, químicos o térmicos) y vi) minimización en la disposición final o en su caso, la adecuada disposición final de los mismos.



Figura 5.1 Etapas del manejo de los residuos sólidos.

Elaboración propia.

### 5.2.1. Residuos objeto del plan

#### Productos para el mantenimiento del hogar

Contenedor vacío o con residuos, estopas o trapos impregnados, brochas, rodillos, esponjas, etc. Empastes

- Pegamentos y adhesivos
- Pintura base agua y base solvente
- Removedor de pintura y barniz
- Pinturas
- Selladores
- Solventes
- Tintas y ceras para madera
- Pastillas para baño
- Detergentes y quitamanchas
- Suavizante de telas
- Limpiadores de pisos
- Limpiador de alfombras
- Láminas de insecticidas para moscos
- Azul de metileno para peceras

### 5.3. DIAGNÓSTICO

El crecimiento demográfico y el consecuente incremento en la generación de residuos sólidos municipales conllevan a problemáticas como la dificultad para su recolección y el agotamiento de la vida útil de los rellenos sanitarios.

En la Ciudad de México, las 12,998 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos son generadas por sus 8,918,653 (INEGI, 2015) habitantes y por la población flotante que realiza sus actividades en la urbe. (SEDEMA, 2017)

La gestión de los residuos con características de peligrosidad, en adelante denominados como residuos peligrosos, ha avanzado considerablemente en la última década en nuestro país y de forma relevante y prioritaria en la Ciudad de México; así mismo las autoridades ambientales han venido realizando desde su orden legal de competencias el control y las vigilancias, lo que conllevó al decreto de la nueva norma ambiental NADF-024-AMBT-2013. Sin embargo, y sin dejar de reconocer los desarrollos conceptuales, de gestión, aún se requiere la implementación de nuevas estrategias direccionadas al manejo integral de los

residuos de mantenimiento del hogar clasificados como residuos peligrosos doméstico, los cuales son una fracción del gran total y pueden constituirse en fuente de impactos ambientales significativos.

La gestión integral de los residuos peligrosos representa una disminución representativa sobre de la protección del ambiente y la salud humana.

Los productos químicos peligrosos están presentes en muchos de los productos de uso doméstico, que al concluir su vida útil se convierten en residuos que presentan características que los convierten en peligrosos (Bondi, 2011) los cuales pasaran a formar parte del flujo de residuos domésticos, estos son conocidos como residuos domésticos peligrosos (RPD's) (Malandrakis , 2008).

A nivel nacional se han realizado en los últimos tres años diversos estudios relacionados con la generación de residuos urbanos peligrosos, entre los que se cuentan los realizados en Mexicali (Favela., 2009) y Chihuahua (Sandoval, 2009), Morelia Michoacán (Buenrostro & Márquez, 2004) y en la Ciudad de México (Rosas., 2000). Como se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5-1 Resultados por tipo de residuo doméstico peligroso.

| <i>Lugar de estudio</i>                  | <i>Metodología utilizada</i>   | <i>Porcentaje de RP</i> | <i>Categorías</i>   | <i>Año</i> |
|--|--|-------------------------|---|------------|
| <b>Mexicali,<br/>Baja<br/>California</b> | Muestreo en el camión recolector en invierno y primavera y caracterización de acuerdo con la NMX-AA-15-1985 y NMX-AA-22-1985,<br><br>Reporta la selección de una muestra representativa por estrato, estratificación apoyada en datos de Planeación Local de siete a tres estratos | 4.58%                   | Mantenimiento automotriz<br>Mantenimiento del hogar<br>Biocidas<br>Productos de limpieza<br>Fármacos<br>Belleza y aseo personal<br>Baterías y eléctricos<br>Otros | 2009       |
| <b>Cuahtémoc,<br/>Chihuahua</b>          | Muestreo en hogares seleccionados por estrato por una semana, de acuerdo con la NMX-AA-061-1985  | 2.83%                   | Cuidado personal<br>Fármacos y curación<br>Limpiadores<br>Automotriz<br>Plagas y jardín<br>Otros  | 2009       |

Fuente: (Otalora Barreto, 2017).

Tabla 5-2 Resultados por tipo de residuo doméstico peligroso, continuación.

| <i>Lugar de estudio</i>                     | <i>Metodología utilizada</i>   | <i>Porcentaje de RP</i> | <i>Categorías</i>  | <i>Año</i> |
|---|--|-------------------------|--|------------|
| <b>Ciudad de México</b>                     | Muestreo en los contenedores de una unidad habitacional, de acuerdo con la NMX-AA-15-1985 y NMX-AA-22-1985, realizando 10 muestreos en 4 semanas.                              | 0.348%                  | Mantenimiento automotriz<br>Mantenimiento del hogar<br>Biocidas<br>Limpieza<br>Cuidado personal<br>Envases presurizados<br>Medicinas y curación<br>Pilas y otros | 2000       |
| <b>Michoacán</b>                            | Con base en la clasificación propuesta por Wilson (1985). Esta clasificación se basa en la separación de los envases de acuerdo con el uso que se da al producto que contiene. | 1.604%                  | Mantenimiento automotriz<br>Mantenimiento del hogar<br>Limpieza<br>Medicinas y curación<br>Pilas y Otros   | 2004       |
| <b>Ciudad de México (Zona de la Merced)</b> | Estudio de generación para determinar la composición de residuos domésticos peligrosos generados en la CDMX.   | 2.269%                  | Médico-asistenciales, de cuidado personal y limpieza   | 2017       |

Fuente: (Otalora Barreto, 2017)

#### 5.4. MARCO LEGAL

Con la finalidad de fomentar en la sociedad la participación y encauzarla en el cumplimiento de las distintas disposiciones en materia de manejo de residuos sólidos de manera responsable, y como parte de la política ambiental que promueve el Gobierno del Distrito Federal, se pretende a través de la Norma Ambiental NADF-024-AMBT-2013 (SEDEMA, 2015). La cual establece establecer los criterios y especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y valorización de los residuos sólidos, para que se lleve a cabo de acuerdo a lineamientos técnicos que garanticen una adecuada separación primaria, primaria avanzada y secundaria de los materiales, de tal forma que puedan ser valorizados para su reincorporación nuevamente a procesos de producción, reduciendo la cantidad que llega a sitios de disposición final.

Entre los que contempla los que pueden poseer características peligrosas. La clasificación planteada en la norma se encuentra en la 5.3.

Esta norma también indica que los residuos sólidos urbanos no deberán mezclarse con residuos peligrosos, establece la implementación de planes de manejo para el cual el generador de estos residuos deberá entregar estos residuos al responsable y a los centros

de acopio autorizados y además, la Secretaría pondrá a disposición el listado de los planes de manejo para que la población quede enterada y pueda disponer este tipo de residuos.

Quedaron excluidos de esta lista, algunos elementos peligrosos que han sido considerados en algunas normas internacionales, como:

- Aerosoles
- Productos de cuidado personal
- Punzocortantes y elementos de curación, de pacientes en casa

Tabla 5-3 Listado de residuos peligrosos domésticos de acuerdo con la NADF-024-AMBT-2013.

| <i>Material con riesgo Potencial de Peligrosidad</i>  | <i>Productos</i>  | <i>Acciones</i>  |
|---|---|--|
| <p><b>Mantenimiento automotriz</b><br/>           Contenedor vacío o con residuos, y los subproductos contaminados con ellos, tales como: Estopas impregnadas con grasas, aceites y solventes, Filtros de gasolina y aceite<br/>           Contenedores metálicos</p> | Aceite de motor<br>Aditivos para gasolina y aceite<br>Anticongelante<br>Baterías ácido-plomo<br>Cera para autos<br>Combustibles<br>Limpiador de carburador<br>Limpiador de motor<br>Líquido de transmisión<br>Líquido para frenos |  |
| <p><b>Productos para el mantenimiento del hogar</b><br/>           Contenedor vacío o con residuos, Estopas o trapos impregnados, brochas, rodillos, esponjas, etc.</p>   | Empastes<br>Pegamentos y adhesivos<br>Pintura base agua y base solvente<br>Removedor de pintura y barniz<br>Selladores<br>Solventes<br>Tintas para madera   | Los residuos contenidos en esta lista deberán entregarse a los responsables de los Planes de Manejo específicos autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría; o en los programas que la Secretaría y la Secretaría de Obras establezcan. |
| <p><b>Biocidas</b><br/>           Contenedor vacío o con restos del producto y los subproductos contaminados con ellos.</p>   | Conservadores de madera<br>Insecticidas<br>Naftalina en todas sus presentaciones (p.ej. bolitas)<br>Repelente de insectos<br>Raticidas  |  |

*Material con riesgo Potencial de Peligrosidad*

*Productos*

**Productos de limpieza**

Contenedor vacío o con restos del producto y los subproductos contaminados con ellos, tales como: trapos impregnados. Aquellos productos cuyo envase esté clasificado como peligroso, de acuerdo con la NOM-189-SSA1/SCFI-2012



Figura 1

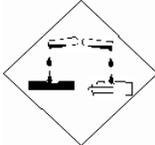


Figura 2

**Salud-Médico asistenciales**

**Varios**

- Destapa caños
  - Desinfectantes para baño
  - Grasa para zapatos
  - Pulidores y limpiadores de metales.
  - Limpiador de azulejos
  - Limpiadores base amoníaco o ácido clorhídrico
  - Limpiadores de aluminio
  - Limpiadores para hornos
  - Productos para pulir muebles
  - Quita sarro
  - Medicamentos caducos para humanos o mascotas
  - Pilas y baterías\*
  - Asbesto
  - Cosméticos caducos Radiografías
  - Desodorante de ambiente
  - Explosivos (pirotecnia)
  - Lámparas fluorescentes\*
  - Lámpara o focos ahorradores\*
  - Materiales para pintura artística (tubos de pintura)
  - Productos de revelado fotográficos
  - Productos químicos para albercas
- Fuente: NADF-024-AMBT-2013.

## 5.5. OBJETIVOS Y META DEL PLAN DE MANEJO

### 5.5.1. Objetivo general

Desarrollar un documento para su aplicación en la Ciudad de México, que promueva la generación sustentable, minimizando la generación de Residuos Domésticos peligrosos y maximizando su aprovechamiento, bajo el concepto de corresponsabilidad entre los tres órdenes de gobierno y los diferentes actores que participan en la cadena de valor.

### 5.5.2. Objetivos específicos

- Generar un esquema para la propuesta del desarrollo de un plan de manejo de los residuos peligrosos domésticos generados en la Ciudad de México a partir de los resultados del estudio de generación.
- Identificar la problemática actual que enfrenta la Ciudad de México en el manejo integral de los residuos domésticos peligrosos.
- Establecer estrategias para lograr el mejoramiento de la gestión y manejo integral de los RDP.
- Establecer los procedimientos para la implementación del PM-RDP.
- Identificar y difundir mejores prácticas para minimizar y maximizar el aprovechamiento de residuos.
- Cumplir con los lineamientos solicitados por la legislación y normatividad ambiental aplicables en la materia.
- Reducir los riesgos ambientales que provoca la mala disposición de los residuos domésticos peligrosos.
- Reducir los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores del servicio de recolección que tienen contacto directo con los residuos domésticos peligrosos.
- Alcanzar el mayor porcentaje de aprovechamiento de los residuos peligrosos domésticos.
- Cumplir con el plan de manejo de Residuos peligrosos provenientes de fuentes distintas a los establecimientos comerciales, industriales o de servicios, establecido como obligatorio en la NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-024-AMBT-2013.

### 5.5.3. Metas del Plan de manejo

#### 5.5.3.1 Metas de cobertura

- Establecer un plan de manejo de residuos de mantenimiento del hogar, aplicable a la Ciudad de México.
- Disponer de forma adecuada el mayor número de residuos de mantenimiento del hogar de la Ciudad de México.

#### 5.5.3.2 Metas de recepción de residuos de mantenimiento del hogar clasificados como residuos peligrosos domésticos

- Capacitar al personal encargado del manejo, la recolección y el transporte de los residuos de mantenimiento del hogar.

- Establecer metodologías viables, medibles y mejorables en la recepción de los residuos de mantenimiento del hogar utilizando la experiencia de casos internacionales.

### 5.5.3.3 Metas de comunicación, sensibilización y difusión

- Que los ciudadanos mediante pláticas, talleres y visitas conozcan y entiendan la legislación aplicable al manejo de los residuos sólidos.

## 5.6. GENERACIÓN

A continuación, se reportan las cantidades de residuos obtenidas en el estudio de generación de residuos correspondiente a la Unidad Habitacional Villa Olímpica al año 2018. En los cuales se muestran las cantidades generadas encontradas por tipo de residuo.

Tabla 5-4 Generación de residuos por tipo y día generado.

| SUBPRODUCTO               | LUNES         | MARTES        | MIÉRCOLES     | JUEVES        | VIERNES       | SÁBADO        | DOMINGO       | PROMEDIO | TOTAL (kg)     | %          |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|----------------|------------|
| 1 Tetrapak                | 0.204         | 0.336         | 0.296         | 0.306         | 1.016         | 0.959         | 1.089         | 0.601    | 4.206          | 1.76       |
| 2 Higiénico               | 3.468         | 2.560         | 1.480         | 2.664         | 2.881         | 3.267         | 3.977         | 2.900    | 20.297         | 8.49       |
| 3 finos                   | 0.434         | 0.386         | 0.420         | 0.112         | 0.174         | 0.251         | 0.112         | 0.270    | 1.889          | 0.79       |
| 4 bolsas                  | 0.860         | 1.008         | 0.906         | 1.012         | 1.572         | 1.077         | 1.619         | 1.151    | 8.054          | 3.37       |
| 5 jardinería              | 0.122         | 0.075         | 0.102         | 0.000         | 0.000         | 0.181         | 0.364         | 0.121    | 0.844          | 0.35       |
| 6 unice                   | 0.018         | 0.386         | 0.070         | 0.068         | 0.355         | 0.312         | 0.577         | 0.255    | 1.786          | 0.75       |
| 7 papel, periódico        | 1.006         | 1.770         | 2.588         | 1.658         | 2.477         | 2.817         | 2.231         | 2.078    | 14.547         | 6.09       |
| 8 vidrio                  | 3.226         | 0.560         | 3.790         | 2.188         | 3.206         | 2.972         | 3.661         | 2.800    | 19.603         | 8.20       |
| 10 orgánicos              | 17.245        | 23.418        | 15.252        | 17.620        | 18.918        | 12.150        | 19.059        | 17.666   | 123.662        | 51.74      |
| 11 PET, PAD               | 0.870         | 0.462         | 1.286         | 0.810         | 1.902         | 1.539         | 1.275         | 1.163    | 8.144          | 3.41       |
| 12 Plástico envolturas    | 0.460         | 0.226         | 0.168         | 0.306         | 0.116         | 0.453         | 0.374         | 0.300    | 2.103          | 0.88       |
| 13 Cartón                 | 0.736         | 1.458         | 0.842         | 1.196         | 0.683         | 0.977         | 0.976         | 0.981    | 6.868          | 2.87       |
| 15 Latas aluminio         | 0.273         | 0.386         | 0.542         | 0.337         | 0.599         | 0.708         | 0.792         | 0.520    | 3.637          | 1.52       |
| 16 Otros metales ferrosos | 0.059         | 0.000         | 0.172         | 0.019         | 0.311         | 0.462         | 0.217         | 0.177    | 1.240          | 0.52       |
| 17 Textil                 | 0.164         | 0.000         | 0.000         | 0.575         | 0.000         | 0.209         | 0.073         | 0.146    | 1.021          | 0.43       |
| 18 Otros                  | 1.258         | 3.602         | 0.902         | 0.775         | 0.672         | 1.716         | 0.784         | 1.387    | 9.709          | 4.06       |
| 19 RDP                    | 1.456         | 1.878         | 1.128         | 2.108         | 1.655         | 1.736         | 1.456         | 1.631    | 11.417         | 4.78       |
| <b>TOTAL</b>              | <b>31.859</b> | <b>38.511</b> | <b>29.944</b> | <b>31.754</b> | <b>36.537</b> | <b>31.786</b> | <b>38.636</b> |          | <b>239.027</b> | <b>100</b> |
| <b>PROMEDIO</b>           | <b>1.87</b>   | <b>2.27</b>   | <b>1.76</b>   | <b>1.87</b>   | <b>2.15</b>   | <b>1.87</b>   | <b>2.27</b>   |          | <b>14.06</b>   |            |

Elaboración propia.

En la figura 5.2 se muestran los porcentajes por tipo de residuo obtenidos en el estudio de generación de residuos, los cuales indican a los orgánicos en su gran mayoría siendo casi el 52% del total de los residuos generados dentro de los departamentos de dicha unidad, en cuanto a los residuos domésticos peligrosos, éstos se encontraron en casi un 5%, del cual su composición de desglosa en la siguiente figura 5.2.



Figura 5.2 Composición de los RDP.  
Elaboración propia.

Los residuos domésticos peligrosos encontrados, representaron el 5% del total, y siendo en su mayoría de éstos, aquellos provenientes del mantenimiento del hogar en un 53%, seguido de los médico asistenciales en un 24%.

#### 5.6.1. Principales materiales que componen el residuo

Todos aquellos indicados dentro de la norma ambiental del Distrito Federal NADF-024-AMBT-2013. Residuos peligrosos provenientes de fuentes distintas a los establecimientos comerciales, industriales o de servicios. Indicados en el apartado de residuos de mantenimiento del hogar. Que sean contenedores vacíos o con residuos, estopas o trapos impregnados, brochas, rodillas, esponjas, etc.

- Empastes
- Pegamentos y adhesivos
- Pintura base agua y base solvente
- Removedor de pintura y barniz

- Selladores
- Solventes
- Tintas para madera
- Conservadores de maderas

También aquellos encontrados durante el estudio de generación dentro de Villa Olímpica y que no se encuentran enlistados en la norma NADF-024-AMBT-2013, pero que aparecen en la literatura internacional.

- Pinturas
- Ceras para madera
- Pastillas para baño
- Detergentes y quitamanchas
- Suavizante de telas
- Limpiadores de pisos
- Limpiador de alfombras
- Láminas de insecticidas para moscos
- Azul de metileno para peceras (eliminador de parásitos)



Figura 5.3 Residuos de mantenimiento del hogar generados dentro de Villa Olímpica.  
Elaboración propia.



Figura 5.4 Envases de productos de mantenimiento del hogar, pastillas para el baño y envase de azul de metileno.

Elaboración propia.

Dentro de los residuos encontrados no mencionados en la norma, se encuentran azul de metileno utilizado para eliminar algunos de los parásitos más comunes presentes en el acuario, y el recipiente utilizado para colocar pastillas dentro del baño, comúnmente para mantener un olor agradable.

### 5.6.2. Generación actual del residuo

En la Ciudad de México se generan 12,920 toneladas de residuos sólidos por día, de los cuales 6,152 ton/día provienen de los domicilios como lo indicó el inventario de residuos sólidos urbanos de la Ciudad de México en 2016. Generados por sus habitantes y la población flotante que ingresa diariamente a la ciudad. (SEDEMA, 2016 ). La generación total de residuos por alcaldía provenientes de los domicilios se muestra en la tabla 5.5.

Tabla 5-5 Generación de residuos sólidos por alcaldía.

| <b>Alcaldía</b>               | <b>Generación total (ton/día)</b> | <b>Domiciliarios (ton/día)</b> |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>Álvaro Obregón</b>         | 699                               | 333.4                          |
| <b>Azcapotzalco</b>           | 510                               | 243.2                          |
| <b>Benito Juárez</b>          | 703                               | 335.3                          |
| <b>Coyoacán</b>               | 800                               | 381.5                          |
| <b>Cuajimalpa de Morelos</b>  | 184                               | 87.7                           |
| <b>Cuauhtémoc</b>             | 1301                              | 620.4                          |
| <b>Gustavo A Madero</b>       | 1715                              | 817.9                          |
| <b>Iztacalco</b>              | 475                               | 226.5                          |
| <b>Iztapalapa</b>             | 2288                              | 1091.1                         |
| <b>La Magdalena Contreras</b> | 259                               | 123.5                          |
| <b>Miguel Hidalgo</b>         | 817                               | 389.6                          |
| <b>Milpa Alta</b>             | 119                               | 56.8                           |
| <b>Tláhuac</b>                | 353                               | 168.3                          |
| <b>Tlalpan</b>                | 858                               | 409.2                          |
| <b>Venustiano Carranza</b>    | 847                               | 403.9                          |
| <b>Xochimilco</b>             | 437                               | 208.4                          |
| <b>Central de Abasto</b>      | 555                               | 264.7                          |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>12920</b>                      | <b>6161.5</b>                  |

Fuente: (SEDEMA,2017)

Las alcaldías con mayor generación de residuos fueron Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc, con el 18%, 13% y 10%, respectivamente; mientras que Cuajimalpa de Morelos, La Magdalena Contreras y Milpa Alta, aportaron sólo el 4% de la generación total. (SEDEMA, 2016 ). Para clasificar el origen de la fuente, los domiciliarios constituyen casas, departamentos y unidades habitacionales, los cuales aportan 6162 ton/día, que representa el 47.69% del total de la generación residuos sólidos en la Ciudad de México.

El porcentaje de los residuos domésticos peligrosos representa el 5% del total proveniente de los domiciliarios, esto con base al estudio de generación y diversos estudios que aquí se mencionan. Los cuales se muestran en la tabla 5.6.

Tabla 5-6 Generación estimada de Residuos Domésticos Peligrosos por alcaldía.

| Alcaldía               | RDP<br>(ton/día) | Residuos de<br>Mantenimiento<br>del hogar<br>(ton/día) |
|------------------------|------------------|--|
| Álvaro Obregón         | 16.67            | 8.83   |
| Azcapotzalco           | 12.16            | 6.45   |
| Benito Juárez          | 16.76            | 8.88   |
| Coyoacán               | 19.08            | 10.11  |
| Cuajimalpa de Morelos  | 4.39             | 2.33   |
| Cuauhtémoc             | 31.02            | 16.44  |
| Gustavo A Madero       | 40.89            | 21.67  |
| Iztacalco              | 11.33            | 6.00   |
| Iztapalapa             | 54.56            | 28.92  |
| La Magdalena Contreras | 6.18             | 3.27   |
| Miguel Hidalgo         | 19.48            | 10.33  |
| Milpa Alta             | 2.84             | 1.50   |
| Tláhuac                | 8.42             | 4.46   |
| Tlalpan                | 20.46            | 10.84  |
| Venustiano Carranza    | 20.20            | 10.70  |
| Xochimilco             | 10.42            | 5.52   |
| Central de Abasto      | 13.23            | 7.01   |
| <b>TOTAL</b>           | <b>308.08</b>    | <b>163.28</b>  |

Elaboración propia.

Los residuos de mantenimiento del hogar representan el 53% de la generación de los RDP porcentaje obtenido en el estudio de generación, por lo que la generación de éstos es de 163.28 ton/día. Lo cual representa una generación mayor a la total de una alcaldía como Milpa Alta.

#### 5.6.2.1 Generación por vivienda

La generación de residuos domésticos peligrosos se observa en la siguiente tabla 5.7 se menciona el número de viviendas habitadas por alcaldía. Fuente: INEGI 2015.

Tabla 5-7 Resumen de la generación estimada de residuos de mantenimiento del hogar.

| Alcaldía               | Habitantes (2015) | Viviendas habitadas (2015) | Domiciliarios (ton/día) | Residuos domiciliarios (kg*casa/día) | RDP (kg*casa/día) | Residuos de mantenimiento del hogar (kg*casa/día) |
|------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|---|
| Álvaro Obregón         | 749 982           | 214895                     | 333.4                   | 1.55                                 | 0.078             | 0.041   |
| Azcapotzalco           | 400 161           | 119027                     | 243.2                   | 2.04                                 | 0.102             | 0.054   |
| Benito Juárez          | 417 416           | 159700                     | 335.3                   | 2.10                                 | 0.105             | 0.056   |
| Coyoacán               | 608 479           | 186317                     | 381.5                   | 2.05                                 | 0.102             | 0.054   |
| Cuajimalpa de Morelos  | 199 224           | 55478                      | 87.7                    | 1.58                                 | 0.079             | 0.042   |
| Cuauhtémoc             | 532 553           | 188135                     | 620.4                   | 3.30                                 | 0.165             | 0.087   |
| Gustavo A. Madero      | 1 164 477         | 324587                     | 817.9                   | 2.52                                 | 0.126             | 0.067   |
| Iztacalco              | 390 348           | 110174                     | 226.5                   | 2.06                                 | 0.103             | 0.054   |
| Iztapalapa             | 1 827 868         | 495665                     | 1091.1                  | 2.20                                 | 0.110             | 0.058   |
| La Magdalena Contreras | 243 886           | 66676                      | 123.5                   | 1.85                                 | 0.093             | 0.049   |
| Miguel Hidalgo         | 364 439           | 128042                     | 389.6                   | 3.04                                 | 0.152             | 0.081   |
| Milpa Alta             | 137 927           | 34086                      | 56.8                    | 1.66                                 | 0.083             | 0.044   |
| Tláhuac                | 361 593           | 94678                      | 168.3                   | 1.78                                 | 0.089             | 0.047   |
| Tlalpan                | 677 104           | 190591                     | 409.2                   | 2.15                                 | 0.107             | 0.057   |
| Venustiano Carranza    | 427 263           | 126002                     | 403.9                   | 3.21                                 | 0.160             | 0.085   |
| Xochimilco             | 415 933           | 107270                     | 208.4                   | 1.94                                 | 0.097             | 0.051   |

Elaboración propia.

Iztapalapa se destaca por ser la alcaldía con mayor población de la Ciudad de México, con casi 2 millones de habitantes, seguida de la alcaldía Gustavo A. Madero con 1 164 477 habitantes. Por el contrario de la alcaldía de Milpa Alta con 137,927 habitantes siendo la de menor número de habitantes. No obstante, el número promedio de habitantes por vivienda es un determinante de la generación total de residuos sólidos por vivienda. Como lo presenta la tabla 5.8.

Tabla 5-8 Generación estimada de residuos sólidos con base al número de habitantes por casa.

| <i>Alcaldía</i>        | <i>Prom. de hab. Por vivienda</i> | <i>Residuos domiciliarios (kg*casa/día)</i> |
|------------------------|-----------------------------------|---|
| Álvaro Obregón         | 3.5                               | 1.55  |
| Azcapotzalco           | 3.4                               | 2.04  |
| Benito Juárez          | 2.6                               | 2.10  |
| Coyoacán               | 3.3                               | 2.05  |
| Cuajimalpa de Morelos  | 3.6                               | 1.58  |
| Cuauhtémoc             | 2.8                               | 3.30  |
| Gustavo A. Madero      | 3.6                               | 2.52  |
| Iztacalco              | 3.5                               | 2.06  |
| Iztapalapa             | 3.7                               | 2.20  |
| La Magdalena Contreras | 3.7                               | 1.85  |
| Miguel Hidalgo         | 2.8                               | 3.04  |
| Milpa Alta             | 4                                 | 1.66  |
| Tláhuac                | 3.8                               | 1.78  |
| Tlalpan                | 3.6                               | 2.15  |
| Venustiano Carranza    | 3.4                               | 3.21  |
| Xochimilco             | 3.9                               | 1.94  |

Fuente: (SEDEMA,2017)

Como lo muestra la tabla 5.8 La generación de RDP por (kg\*casa/día) por alcaldía se encuentra entre 0.078 a 0.165. La alcaldía Cuauhtémoc genera la mayor cantidad de residuos por vivienda, a pesar de que su número de habitantes se encuentre por debajo de la mitad de Iztapalapa quien es la alcaldía con mayor número de habitantes. Esto debido a que el promedio de habitantes por vivienda de la alcaldía Iztapalapa es de 3.7 mientras que en Cuauhtémoc de 2.8 (INEGI, 2015).

### 5.6.3. Problemática ambiental asociada al manejo actual del residuo

En el año 2002 La Comisión Europea Ambiental realizó un estudio sobre la situación de generación y gestión de los residuos domésticos peligrosos en la región, la cual abarca los quince Estados miembros y dos Estados agregados. La metodología realizada se basó en establecer como prioridad aquellas sustancias que representaban un mayor riesgo para la salud humana y el ambiente, para después identificar aquellos productos de uso doméstico que podrían contener estas sustancias. La tabla 5.9. Señala aquellas sustancias que son prioridad dentro del caso de estudio.

Tabla 5-9 Sustancias priorizadas en Europa.

| <b>Sustancias Químicas priorizadas</b> | <b>Residuos domésticos considerados peligrosos en el EWC (European Waste Catalogue)</b>   |
|--|---|
| <b>Arsénico</b>                        | Solventes   |
| <b>Plomo</b>                           | Ácidos  |
| <b>Cadmio</b>                          | Bases   |
| <b>Cromo</b>                           | Reactivos fotoquímicos  |
| <b>Cobre</b>                           | Plaguicidas   |
| <b>Niquel</b>                          | Equipos descartados que contienen fluorocarbonados  |
| <b>Mercurio</b>                        | Aceites y grasas adicionales a las mencionadas en (20 01 25)  |
| <b>Zinc</b>                            | Pinturas, tintas, adhesivos y resinas que contienen sustancias peligrosas   |
| <b>PCBs</b>                            | Detergentes que contienen sustancias peligrosas   |
| <b>Benceno</b>                         | Medicinas citotóxicas y citoestáticas   |
| <b>Tetracloroetileno</b>               | Baterías y acumuladores incluidos en 16 06 01, 16 06 02 o 16 06 03 y baterías y acumuladores sin clasificar                             |
| <b>Tricloroetileno</b>                 | Equipos eléctricos y electrónicos descartados adicionales a los mencionados en 20 01 21 y 20 01 23 que contienen componentes peligrosos |
| <b>Cianuro de sodio</b>                | Madera que contiene sustancias peligrosas   |

Fuente: (A. Gendebien et. al., 2002)

## 5.7. REDUCCIÓN EN LA FUENTE

Todo consumidor busca formas de reducir la cantidad y toxicidad de sus residuos domésticos. Esto puede lograrse, en algunos casos, utilizando productos o métodos alternativos sin constituyentes peligrosos que puedan cumplir las mismas tareas. A continuación, se presentan algunas ideas para empezar.

Aunque las mezclas sugeridas tienen menos constituyentes peligrosos que los limpiadores y plaguicidas comerciales, también deben usarse y almacenarse con la misma precaución. Deben seguirse las instrucciones recomendadas en las etiquetas de información sobre productos limpiadores y plaguicidas comerciales.

Tabla 5-10 Limpiadores domésticos y posibles alternativas para el hogar.

| <b>Producto</b>   | <b>Sustitución</b>  |
|---|---|
| <b>Limpiadores de drenaje</b>                                   | Utilizar un destapador de hule o una víbora metálica  |
| <b>Limpiadores de hornos</b>                                    | Limpie los derrames tan pronto como ocurran al enfriarse el horno y utilice una fibra de lana metálica con bicarbonato de sodio; para manchas resistentes, agregue sal (no utilice este método para la limpieza continua de su horno).  |
| <b>Limpiadores de vidrios</b>                                   | Mezcle 1 cucharita de vinagre o jugo de limón en un cuarto de agua, rocíe y utilice un periódico para secar.  |
| <b>Limpiadores de sanitarios</b>                                | Utilice un cepillo para baño con bicarbonato de sodio o vinagre (esto limpia, pero no desinfecta).  |
| <b>Mezclas para pulir Madera</b>                                | 1 cucharadita de jugo de limón en un medio litro de aceite mineral o vegetal y frote con ello los muebles.  |
| <b>Desodorizante de alfombras</b>                               | Desodore las alfombras secas espolvoreando bicarbonato de sodio, espere 15 minutos y aspire, repita en caso necesario.  |
| <b>Pulido de plata</b>  | Hierva media taza de agua en una olla poco profunda, agregue 1 cucharadita de sal y 1 de bicarbonato de sodio, así como una hoja de papel aluminio. Sumerja totalmente el objeto de plata y hierva dos o tres minutos más. Sacuda y frote para eliminar las manchas: Repita en caso necesario (no use este método con cuchillos de plata antiguos pues se puede separar el mango). También puede usarse pasta de dientes no abrasiva. |
| <b>Rociadores para plantas</b>                                  | Rocíe las hojas con jabón suave y agua, enjuague.   |
| <b>Bolas de naftalina (prevención de olores y moho en ropa)</b> | Use astillas de cedro, flores de lavanda, menta, yerbabuena o granos de pimienta blanca en bolsitas dentro de los cajones.  |

Adaptado de (Cortinas de nava 2008.)

## 5.8. SEPARACIÓN

La separación se realizará en la fuente domiciliaria de generación, como se menciona en la norma Ambiental NADF-024-AMBT-2013. Para su correcta disposición, se identificará el color blanco del contenedor destinado para:

- Empastes
- Pegamentos y adhesivos
- Pintura base agua y base solvente
- Removedor de pintura y barniz
- Selladores
- Solventes
- Tintas para madera
- Conservadores de maderas

También aquellos encontrados durante el estudio de generación dentro de Villa Olímpica y que no se encuentran enlistados en la norma NADF-024-AMBT-2013, pero que aparecen en la literatura internacional.

- Pinturas
- Ceras para madera
- Pastillas para baño
- Detergentes y quitamanchas
- Suavizante de telas
- Limpiadores de pisos
- Limpiador de alfombras
- Láminas de insecticidas para moscos
- Azul de metileno para peceras (eliminador de parásitos)

## 5.9. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de RS es una etapa fundamental, ya que una vez que el residuo se genera en un sitio, debe procesarse de algún modo. Este procesamiento puede incluir en algunos casos lavado, separación y almacenamiento para reciclar cualquier residuo que sea susceptible a este proceso (Mackenzie, 2005)

Los residuos peligrosos generados dentro de los hogares deben ser almacenados de forma segura e higiénica mientras se efectúa la recolección, ya que la mayoría de los residuos aún tiene cierto valor económico o representan un peligro para las personas que lo manipulan.

Debe considerarse el almacenamiento interno el cual debe ser realizado por cada uno de los usuarios utilizando contenedores de poco volumen; para posteriormente el almacenamiento externo sea realizado en contenedores de mayor capacidad.

Para realizar un almacenamiento apropiado dentro de las casas se debe considerar los subproductos generados y poder determinar:

1. Capacidad de los contenedores
2. Material de fabricación de los contenedores
3. Diferenciación (color, señalización, tamaño y ubicación)

El almacenamiento apropiado de los RDP tiene influencia positiva en el manejo de estos y en el aseo urbano. Por lo contrario, el almacenamiento inadecuado tiene varios efectos negativos sobre el servicio de recolección, debido principalmente al uso de contenedores con capacidad inadecuada, material de fabricación poco conveniente o bien, debido a la falta de una clasificación adecuada de los subproductos.

En la Ciudad de México, el uso de contenedores inadecuados representa uno de los principales problemas a la hora de almacenar los RS en espera de la recolección. (Sánchez, 2016)

Las modalidades de almacenamiento actuales de los residuos domésticos peligrosos se consideran para realizar las propuestas, con el objetivo de prever la dispersión de los residuos, la contaminación del ambiente y el desarrollo de fauna nociva, así como del tiempo promedio que tarda su recolección y envío a su destino final.

Para obtener los volúmenes requeridos se obtiene el peso volumétrico de los residuos de mantenimiento del hogar clasificados como residuos domésticos peligrosos.

$$\text{Peso volumétrico} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$



Figura 5.5 Determinación del peso volumétrico de los residuos domésticos peligrosos.  
Elaboración propia.

$$\text{Peso volumétrico} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{olumen (m}^3\text{)}} = \frac{3.036 \text{ kg}}{0.061 \text{ m}^3} = 49.7 \approx 50$$

El peso volumétrico para los residuos domésticos peligrosos sueltos es de  $50 \text{ kg/m}^3$  sin compactación en la etapa de separación y almacenamiento.

Considerando la generación máxima diaria de residuos de mantenimiento del hogar, como parte de los residuos domésticos peligrosos, siendo de 0.087 kg.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \frac{0.087 \text{ kg}}{50 \text{ kg/m}^3} = 0.00174 \text{ m}^3 = 1.74 \text{ L}$$

Considerando un factor de 0.2; la capacidad requerida es de 2.08 L. para almacenar los residuos de mantenimiento del hogar.



Contenedor para residuos domésticos peligrosos.  
Material: Polietileno de alta densidad.  
Capacidad: 8L

Figura 5.6 Contenedor para residuos de mantenimiento del hogar.

Fuente: (wintech,2010)

El contenedor mostrado en la figura 5.6 tiene una capacidad de 8L, este contenedor se ubicará a lado de los demás contenedores que se encuentran destinados para separar los residuos mencionados en la Norma Ambiental NADF-024-AMBT-2013.

## RECOMENDACIONES

Para evitar riesgos potenciales asociados con residuos domésticos peligrosos, es importante mantener siempre en casa un control del uso, almacenaje y desecho de productos que contengan sustancias potencialmente peligrosas. A continuación, encontrará algunas recomendaciones usted puede seguir en su propia casa:

- Use y almacene cuidadosamente los productos que contengan sustancias peligrosas para evitar cualquier tipo de accidente en el hogar. Nunca guarde productos peligrosos en contenedores de comida o en envases de bebida; Manténgalos en su envase original y nunca quite las etiquetas. Sin embargo, los contenedores que puedan llegar a corroerse requieren un trato especial. Llame a su agente local de materiales peligrosos o al departamento de bomberos para solicitar instrucciones.
- Cuando le queden sobrantes de un producto doméstico peligroso, no los mezcle con otros productos. Ciertos productos incompatibles pueden sufrir una reacción a la mezcla, incendiarse, explotar o pueden convertirse en productos no reciclables.
- Recuerde seguir las instrucciones de uso y desecho adecuado en la etiqueta del producto.
- Llame a su agencia ambiental, de salud o de residuos sólidos en su área para solicitar instrucciones sobre el uso y desecho correctos. Ellos le informarán acerca de los programas locales de depósito de desechos domésticos peligrosos y acerca de próximos días de recolección.

### 5.10. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

La etapa de recolección; al igual que la etapa de transporte, constituye una etapa fundamental del sistema de manejo de RS. Tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de residuos en las fuentes de generación y transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final de manera eficiente y al menor costo, ya que esta etapa es la que emplea un número considerable de recursos humanos y económicos. Los principales métodos de recolección descritos por la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL, 2011) son:

- Método de parada fija. Se realiza por medio de una campana que comunica la llegada del camión. Los usuarios salen hasta las esquinas de las calles en donde se entregan sus residuos. Es económico pero su desventaja es que, si no se cuenta con un usuario disponible que salga a tirar los residuos, estos pueden acumularse.
- Método de acera. Este método consiste en que los usuarios coloquen los residuos en un horario y días preestablecidos frente a sus casas. Posteriormente, los recolectores pasan a recolectar los residuos. Los recolectores tienen la obligación de cumplir con la ruta y los usuarios la obligación de colocar sus residuos en el lugar preestablecido.
- Método de contenedores. Consiste en la colocación de contenedores en donde cada usuario deposita sus residuos, ubicados de tal forma que los vehículos recolectores tengan fácil acceso a ellos y así evitar la generación de focos de contaminación. Son ideales para grandes generadores tales como los mercados públicos.

El método de recolección para este plan de manejo será el de acera, en el cual los usuarios colocarán sus residuos en un día establecido, para que el personal de recolección cumpla con su obligación de transportarlos de manera adecuada a su disposición final.



Figura 5.7 Recolección por método de acera.

Fuente: Google.

### 5.10.1. Sistema de transporte

El transporte de los RS ya sea en forma directa o por medio de centros de transferencia es igual que en la fase de recolección: es la etapa que más recursos económicos emplea. Por lo tanto, para adoptar el método más apropiado, se debe realizar un análisis costo-beneficio con base a (SEDESOL, 2011):

1. La generación de residuos producidos en los distintos sitios o fuentes.
2. Personal necesario.
3. Condiciones ambientales y sociales de cada municipio.

#### 1. GENERACIÓN DE RESIDUOS DE MANTENIMIENTO DEL HOGAR

Tabla 5-11 Generación de residuos total a recolección.

| Alcaldía               | Residuos de Mantenimiento del hogar (ton/día) | Residuos de Mantenimiento del hogar (ton/semana) |
|------------------------|---|--|
| Álvaro Obregón         | 8.83  | 61.84  |
| Azcapotzalco           | 6.45  | 45.12  |
| Benito Juárez          | 8.88  | 62.19  |
| Coyoacán               | 10.11   | 70.77  |
| Cuajimalpa de Morelos  | 2.33  | 16.28  |
| Cuauhtémoc             | 16.44   | 115.09   |
| Gustavo A Madero       | 21.67   | 151.72   |
| Iztacalco              | 6.00  | 42.02  |
| Iztapalapa             | 28.92   | 202.41   |
| La Magdalena Contreras | 3.27  | 22.91  |
| Miguel Hidalgo         | 10.33   | 72.28  |
| Milpa Alta             | 1.50  | 10.53  |
| Tláhuac                | 4.46  | 31.23  |
| Tlalpan                | 10.84   | 75.90  |
| Venustiano Carranza    | 10.70   | 74.93  |
| Xochimilco             | 5.52  | 38.66  |
| Central de Abasto      | 7.01  | 49.10  |
| <b>TOTAL</b>           | <b>163.28</b>                                 | <b>1142.97</b>                                   |

Elaboración propia.

Como parte de la gestión integral de los residuos, la etapa de recolección puede hacerse con transporte que incluya compactación. Los residuos en la etapa de recolección tienen un peso volumétrico de 300 a 400kg/m<sup>3</sup> con un sistema de compactación.

Teniendo un periodo crítico de almacenamiento de 7 días; Para el cálculo del volumen total a recolectar, se utiliza el promedio del peso volumétrico de 300-400 kg/m<sup>3</sup> L.

A continuación, se describen los camiones necesarios para recolectar los residuos de mantenimiento del hogar por alcaldía:

### 5.10.2. Álvaro Obregón

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{61840 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 176.68 = 177 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{177 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 14.7 = 15 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 15 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 5 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección.

| Día de recolección | LUNES                               | MIÉRCOLES                           | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

### 5.10.3. Azcapotzalco

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{45120 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 128.91 = 129 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{129 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 10.7 = 11 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 11 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 4 camiones recolectores en cada día LUNES y 3 los demás días propuestos para la recolección.

| Día de recolección | LUNES                               | MIÉRCOLES                           | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

#### 5.10.4. Benito Juárez

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{62190 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 177.68 = 178 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{178 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 15 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 15 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 5 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección.

| Día de recolección | LUNES                               | MIÉRCOLES                           | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

#### 5.10.5. Coyoacán

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{70770 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 202.2 = 203 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{203 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 17 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 17 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 6 camiones recolectores en cada día LUNES y MIÉRCOLES y 5 los VIERNES propuestos para la recolección.

| Día de recolección | LUNES                               | MIÉRCOLES                           | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

### 5.10.6. Cuajimalpa de Morelos

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{16280 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 46.51 = 47 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{47 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 4 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 4 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 1 día, para los cuales se destinarán 2 camiones recolectores en cada día LUNES propuesto para la recolección realizando 2 recorridos por día.

|                    |  |
|--------------------|--|
| Día de recolección | <b>LUNES</b>                                       |
| Residuo            | <b>Residuos de<br/>Mantenimiento del<br/>Hogar</b> |

### 5.10.7. Cuauhtémoc

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{115090 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 328.82 = 329 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{329 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 28 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 28 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 5 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando dos recorridos por día.

|                    |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|
| Día de recolección | <b>LUNES</b>                                       | <b>MIÉRCOLES</b>                                   | <b>VIERNES</b>                                     |
| Residuo            | <b>Residuos de<br/>Mantenimiento del<br/>Hogar</b> | <b>Residuos de<br/>Mantenimiento del<br/>Hogar</b> | <b>Residuos de<br/>Mantenimiento del<br/>Hogar</b> |

**5.10.8. Gustavo A. Madero**

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{151720 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 433.48 = 434 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{434 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 37 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 37 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 6 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando dos recorridos por día.

| Día de recolección | <b>LUNES</b>                               | <b>MIÉRCOLES</b>                           | <b>VIERNES</b>                             |
|--------------------|--|--|--|
| Residuo            | <b>Residuos de Mantenimiento del Hogar</b> | <b>Residuos de Mantenimiento del Hogar</b> | <b>Residuos de Mantenimiento del Hogar</b> |

**5.10.9. Iztacalco**

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{42020 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 120 = 120 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{120 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 10 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 10 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 2 días, para los cuales se destinarán 5 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección.

| Día de recolección | <b>LUNES</b>                               | <b>VIERNES</b>                             |
|--------------------|--|--|
| Residuo            | <b>Residuos de Mantenimiento del Hogar</b> | <b>Residuos de Mantenimiento del Hogar</b> |

### 5.10.10. Iztapalapa

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{202410 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 578.31 = 579 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{579 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 49 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 49 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 4 días, para los cuales se destinarán 7 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando dos recorridos por día.

| Día de recolección | LUNES                               | MIÉRCOLES                           | VIERNES                             | DOMINGO                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

### 5.10.11. La Magdalena Contreras

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{22910 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 65.45 = 66 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{66 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 6 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 6 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 1 día, para los cuales se destinarán 3 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando dos recorridos por día.

| Día de recolección | MIÉRCOLES                           |
|--------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

### 5.10.12. Miguel Hidalgo

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{72280 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 206.51 = 207 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{207 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 18 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 18 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 3 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando dos recorridos por día.

| Día de recolección | LUNES                               | MIÉRCOLES                           | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

### 5.10.13. Milpa Alta

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{10530 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 30 = 30 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{30 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3} = 3 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 3 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 1 día, para los cuales se destinará 1 camión recolector en cada día propuesto para la recolección realizando tres recorridos por día.

| Día de recolección | MIÉRCOLES                           |
|--------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

#### 5.10.14. Tiáhuac

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{31230 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 89.22 = 90 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{90\text{m}^3}{12\text{m}^3} = 8 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 8 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 2 días, para los cuales se destinarán 2 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando dos recorridos por día.

| Día de recolección | LUNES                               | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

#### 5.10.15. Tlalpan

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso olumétrico}} = \frac{75900 \text{ kg/semana}}{350 \text{ kg/m}^3} = 216.85 = 217 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{217\text{m}^3}{12\text{m}^3} = 18 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 18 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 3 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando dos recorridos por día.

| Día de recolección | LUNES                               | MIÉRCOLES                           | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

### 5.10.16. Venustiano Carranza

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{74930 \text{ kg/sem}^{\text{a}}}{350 \text{ kg/m}^{\text{3}}} = 214.08 = 215 \text{ m}^{\text{3}}$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{215 \text{ m}^{\text{3}}}{12 \text{ m}^{\text{3}}} = 18 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 18 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 3 días, para los cuales se destinarán 3 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando dos recorridos por día.

| Día de recolección | LUNES                               | MIÉRCOLES                           | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

### 5.10.17. Xochimilco

$$\text{Volumen de generación} = \frac{\text{Generación}}{\text{Peso volumétrico}} = \frac{38660 \text{ kg/sem}^{\text{a}}}{350 \text{ kg/m}^{\text{3}}} = 110.45 = 111 \text{ m}^{\text{3}}$$

$$\text{Número de vehículos} = \frac{\text{Volumen de generación}}{\text{Capacidad del vehículo}} = \frac{111 \text{ m}^{\text{3}}}{12 \text{ m}^{\text{3}}} = 10 \text{ camiones}$$

La recolección en esta alcaldía requiere de 10 camiones, los cuales, para el mejor aprovechamiento, se propone la recolección en 2 días, para los cuales se destinarán 5 camiones recolectores en cada día propuesto para la recolección realizando un recorrido por día.

| Día de recolección | LUNES                               | VIERNES                             |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuo            | Residuos de Mantenimiento del Hogar | Residuos de Mantenimiento del Hogar |

El número de vehículos recolectores por cada alcaldía se presenta en la siguiente figura 5.8.



Figura 5.8 Total vehículos de recolección por alcaldía.

Fuente: (SEDEMA, 2017)

### 5.10.18. Personal de recolección

#### 5.10.18.1 Capacitación de personal involucrado en el manejo de residuos peligrosos domésticos

El manejo seguro y ambientalmente adecuado de los residuos sólidos urbanos y los residuos peligrosos domésticos demanda que los trabajadores involucrados reciban una capacitación básica en la materia, de manera periódica para contender con la rotación de personal y para mantenerlos actualizados.

Para ello habrá que formular un programa y elaborar materiales de apoyo para impartir los cursos que, entre otros, cubran los aspectos referidos en la tabla 5.12 dependiendo del tipo de función que desempeñen los trabajadores.

Tabla 5-12 Capacitación del personal involucrado en el manejo de los RDP.

| <b>Temas</b>   | <b>Aspectos para cubrir</b>  |
|--|--|
| <b>Salud y seguridad</b>   | Efectos sobre la salud de microbios infecciosos y materiales peligrosos contenidos en los residuos.<br>Medidas de prevención y reducción de riesgos.<br>Programa de supervisión médica   |
| <b>Uso de equipo protector</b>                                       | Tipo de equipo de protector en función del tipo de actividad que se desarrolla y forma apropiada de usarlo y darle mantenimiento.  |
| <b>Marco jurídico</b>  | Ley General y Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, disposiciones de los Reglamentos de las dos leyes y de los Reglamentos o bandos municipales, Normas Mexicanas y Normas Oficiales Mexicanas aplicables. Ley de Protección Civil. |
| <b>Química de materiales peligrosos</b>                              | Aspectos básicos sobre propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables, incompatibilidad entre materiales, medidas de seguridad en su manejo.   |
| <b>Procedimientos para identificar residuos</b>                      | Etiquetado, marcado, distinción física y análisis químico de muestras.   |
| <b>Procedimientos operativos y de mantenimiento de instalaciones</b> | Recepción de residuos, selección, embalaje, almacenamiento temporal, transporte, limpieza de vehículos e instalaciones, inspección rutinaria, seguridad de las instalaciones.  |
| <b>Respuesta a emergencias</b>                                       | Responsabilidad del personal, contención de derrames, control de incendios, servicios de apoyo durante emergencias, procedimientos de evacuación, descontaminación y notificación de emergencias.  |
| <b>Elaboración de informes</b>                                       | Inventarios de residuos, diarios de incidentes, actividades de capacitación, notificación de emergencias, y otros.   |

Adaptado de: (Blacksmith Institute y Green Cross., 2012)

Los residuos domésticos peligrosos generados y trasladados por el usuario final a un centro de acopio, aprovechamiento o disposición final, la figura administradora del plan de manejo de residuos será la responsable del acopio y traslado a un centro de almacenamiento y deberá atender como mínimo las siguientes recomendaciones:

Asegurarse que todo el personal involucrado en carga, traslado y descarga use los implementos adecuados de seguridad en lo referente a ropa de trabajo (zapatos de seguridad, guantes, cubre bocas y faja.)



Figura 5.9 Equipo de seguridad recomendado para el personal de recolección.

Fuente: Google.

Para el transporte de los residuos domésticos peligrosos no requerirá de permiso especial. Para un manejo adecuado durante el transporte se recomienda seguir como mínimo los siguientes lineamientos:

- Deberá asignarse a un responsable para tal efecto.
- El responsable deberá firmar la documentación de entrega, transporte y recepción de residuos electrónicos.
- El responsable, deberá revisar la documentación del transportista.
- Los residuos finalmente se deberán transportar a su destino, ya sea este para su destrucción y/o disposición final o para su reciclado.



Figura 5.10 Ejemplos de transporte correcto (izquierda) e incorrecto (derecha).

Fuente: Google.

## 5.11. TRANSFERENCIA

Una vez realizadas las etapas de generación, reducción, separación, almacenamiento y recolección de los residuos domésticos peligrosos, estos deberán tener lugar de recepción para su separación y posterior transporte a su tratamiento y aprovechamiento o su destino final a un sitio de disposición final.

En estas estaciones se realiza la transferencia de residuos de los vehículos recolectores ordinarios a vehículos de carga de gran tonelaje, con la finalidad de reducir el tiempo y el número de recorridos necesarios para su envío a reciclaje o a sitios de disposición final, ubicados en las inmediaciones de la ciudad.

La Ciudad de México cuenta con 12 estaciones de transferencia en 11 alcaldías, que operan en un horario de servicio de 06:00 a 20:00 horas, a excepción de las estaciones de transferencia de Central de Abasto e Iztapalapa, que operan las 24 horas.



Figura 5.11 Ubicación de las 12 estaciones de transferencia de la CDMX.

Fuente: (SEDEMA, 2017)

Una vez que las cajas transportadoras contengan los residuos sólidos separados en orgánicos e inorgánicos los cuales incluirán la fracción de residuos domésticos peligrosos. La fracción orgánica será trasladada a las plantas de composta, mientras que la fracción inorgánica se llevará a plantas de selección para hacer una separación secundaria de los residuos con potencial de valorización. El cual representará aproximadamente el 18% del total de los residuos, como se muestra en el inventario de RSU de la Ciudad de México en 2016.

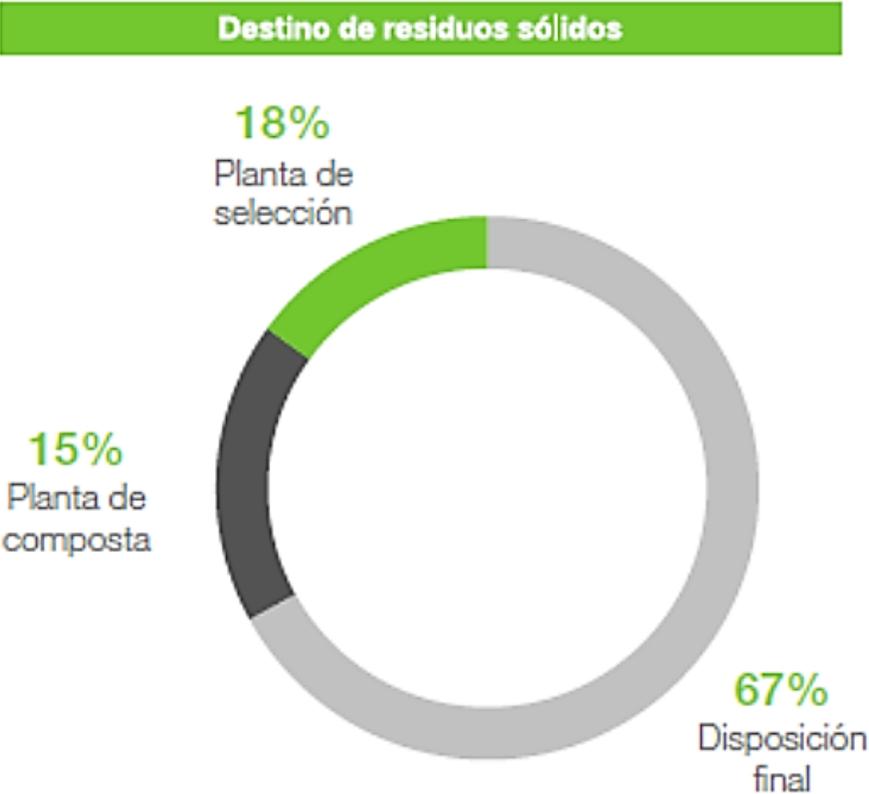


Figura 5.12 Destino de los RSU.  
Fuente: (SEDEMA, 2016)

La Ciudad de México cuenta actualmente con dos plantas de selección de residuos urbanos:

- Planta de Selección San Juan de Aragón Fase I, Fase II y patio.
- Planta de Selección Santa Catarina.

Estas plantas recibirán los residuos provenientes de las estaciones de transferencia, así como residuos recolectados en la red vial primaria por la Dirección General de Servicios Urbanos de la Secretaría de Obras y Servicios.

## PROPUESTA DE TRANSFERENCIA PARA EL PLAN DE MANEJO

Una vez hecha la recolección, la recepción de residuos domésticos peligrosos, se realizará en la estación de Transferencia Coyoacán. Ubicada en la alcaldía Coyoacán, calzada de Tlalpan número 3330 esquina con Viaducto Tlalpan, Colonia Pueblo Santa Úrsula Coapa, alcaldía Coyoacán. La estación es del tipo de descarga directa.

Como parte del plan de manejo se propone un centro de acopio y recepción dentro de la estación de transferencia de Coyoacán, la cual recibirá las 1142.97 toneladas de residuos domésticos peligrosos de productos de mantenimiento del hogar generadas a la semana.

La estación tiene una superficie total de 12 200 m<sup>2</sup> y una superficie construida de 6 798 m<sup>2</sup>, cuenta con área de descarga, patio de maniobras con control de polvo, talleres, oficinas y comedor dentro de la estación laboran un total de 60 trabajadores. (Ayala Hernández, 2015) Se propone para ser el sitio de acopio dentro de la cual, se instalarán contenedores donde serán depositados los residuos domésticos peligrosos. El patio de maniobras cuenta con un área de 23 metros de largo y 22 metros de ancho.



Figura 5.13 Área de maniobras, puente de desaceleración y techumbre.

Fuente: Google.

- La capacidad de las cajas de transferencia es de 30 toneladas
- Con capacidad de 70 m<sup>3</sup>. (Núñez, 2018)

Para el manejo y operación adecuada de la estación de transferencia de Coyoacán, se deberá cumplir con una plantilla de personal perfectamente estructurada y bien definida en cuanto a sus funciones. Las cuales cumplirán como se muestra en la siguiente tabla. La jornada de trabajo es generalmente de 40 a 50 horas por semana. (Aburto, 2015).

Tabla 5-13 Personal necesario para una estación de transferencia.

| <b>Puesto</b>                       | <b>Funciones</b>   |
|-------------------------------------|--|
| <b>Jefe de estación</b>             | Planear, supervisar y dirigir operaciones y actividades.<br>Coordinar las actividades de tipo técnico- administrativas<br>Análisis y procedimiento de información para elaboración de informes<br>Supervisión de personal<br>Coordinación con áreas externas   |
| <b>Coordinador operativo</b>        | Coordinación de ingreso y maniobra<br>Supervisión de rutas de vehículos de transferencia<br>Coordinación del área de despunte y limpieza de las cajas de transferencia   |
| <b>Coordinador de mantenimiento</b> | Coordinar el mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades de transferencia<br>Realizar reparaciones menores en el área de carga y descarga a los vehículos de transferencia y recolección<br>Coordinación del mantenimiento del equipo de control ambiental<br>Control del almacén de refacciones y lubricantes<br>Mantenimiento de las áreas verdes<br>Mantenimiento del señalamiento en vialidades interiores |
| <b>Coordinador administrativo</b>   | Control administrativo de personal<br>Reporte de nómina<br>Pagos de salarios<br>Contratación de personal<br>Manejo de presupuesto interno  |
| <b>Controlador de ingresos</b>      | Control de entradas y salidas de vehículos recolectores y de transferencia<br>Elaboración de informes<br>Operación de básculas para el pesaje  |
| <b>Controlador de maniobras</b>     | Asignación de tolvas de descarga<br>Indicación de maniobras en el patio de descarga a los vehículos recolectores<br>Asignación de línea de servicio para el vehículo de transferencia  |
| <b>Auxiliares mecánicos</b>         | Mantenimiento preventivo a vehículos de transferencia<br>Mantenimiento de instalaciones<br>Reparaciones menores a vehículos y equipos  |
| <b>Secretarias</b>                  | Realización de trabajos administrativos<br>Preparación de informes   |
| <b>Vigilantes</b>                   | Vigilancia interna de la estación<br>Vigilancia en los accesos   |
| <b>Intendencia</b>                  | Limpieza de vialidades interiores<br>Limpieza de zona de carga y descarga<br>Despunte de vehículos de transferencia<br>Lavado de vehículos recolectores y de transferencia   |

Adaptado de: (CMIC, 2016)

## 5.12. APROVECHAMIENTO

En este apartado se describen las opciones de aprovechamiento para los residuos de mantenimiento del hogar más adecuadas y susceptibles a ponerse en práctica, y se analizan dos propuestas las cuales son el aprovechamiento de los plásticos como combustible alternativo en la industria cementera y el reciclaje de los plásticos para ser convertidos en materia prima, por ser adecuadas para el medio en que se pondrán en práctica.

El aprovechamiento es definido como el “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” (SEMARNAT, 2007).

La ignorancia del potencial daño de los residuos peligrosos es común en todos los países, pero es un problema particular en el caso de generadores pequeños en los países en desarrollo. Aunque las cantidades que ellos producen pueden ser pequeñas, los potenciales problemas pueden no ser insignificantes. Como ejemplo la eliminación de contenedores con residuos de pesticidas que pueden representar un riesgo a seres humanos o contaminar fuentes sensibles de aguas potable y de regadío. (Vázquez, 2014)

Actualmente, con el objetivo de reducir los riesgos ambientales y a la salud, se da mayor énfasis al aprovechamiento de residuos peligrosos, observando las restricciones cada vez mayores para su disposición final.

Como se muestra en la figura 5.14 dentro del ciclo de vida de un producto, se encuentra el reciclaje y/o aprovechamiento. El cual se propone para los RDP.

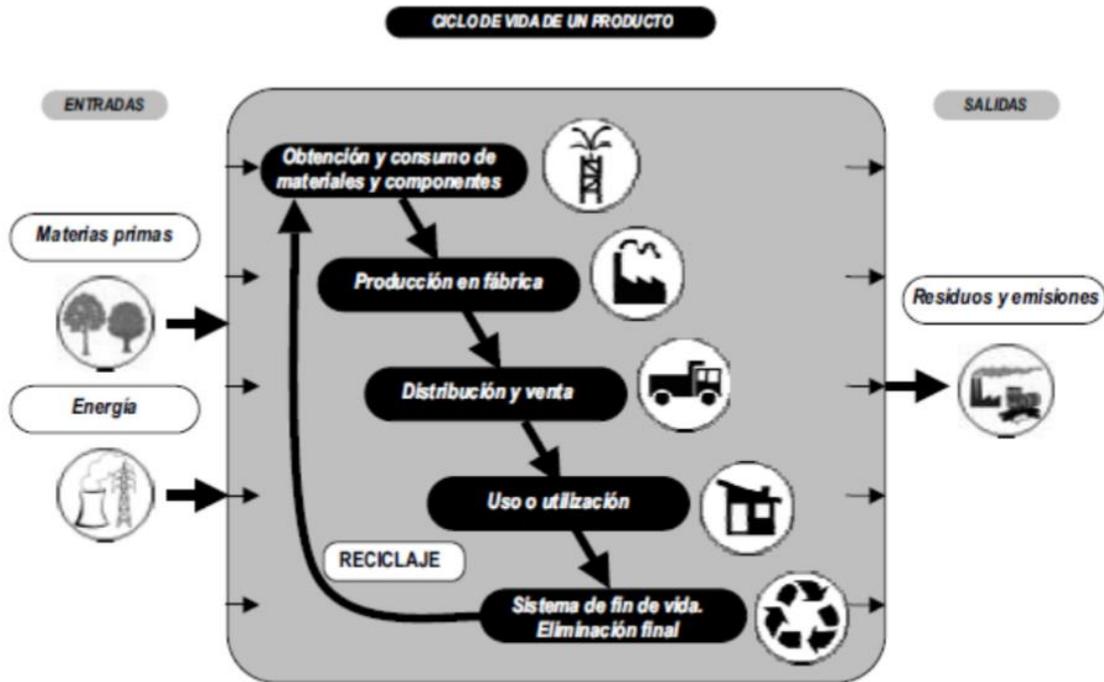


Figura 5.14 Proceso de ciclo de vida del producto.

Fuente: (Ayala, 2015)

En la etapa de generación existe una carga de compuestos que pueden ser recuperados para su reutilización en el proceso, comercialización como subproductos o procesamiento para generar nuevos productos de mayor valor agregado. La recuperación de dichos recursos materiales resulta atractiva en aquellos casos donde los costos asociados a los procesos de separación y purificación son inferiores a los beneficios por concepto de ahorro de recursos e ingresos por comercialización.

### 5.12.1. Incineración de residuos en hornos de cemento

La incineración es un proceso de tratamiento que se utiliza cada vez más con el fin de destruir una gama de residuos líquidos, semisólidos y sólidos. Es la mejor opción para el tratamiento de residuos altamente persistentes, tóxicos e inflamables, como es el caso de plaguicidas, solventes, aceites no recuperables y diversos productos farmacéuticos. Los incineradores de residuos necesitan de equipos de control de emisiones gaseosas, en función al tipo y toxicidad de los residuos a ser incinerados, lo que encarece considerablemente su instalación. Por eso su uso se vuelve bastante limitado.

Las tecnologías disponibles para el tratamiento de residuos peligrosos son diversas y su selección se realiza dependiendo de muchos factores, como son: tipo de residuo, accesibilidad, estándares de seguridad y costos. (Vázquez, 2014)

Tipos de procesos de incineración de RP:

- Incineración por inyección líquida
- Hornos rotatorios
- Hornos incineradores para la producción de cemento
- Calderas
- Incineradores de niveles múltiples

En la búsqueda por una mayor competitividad comercial la Industria del cemento en México está quemando residuos peligrosos como "combustible alternativo" en sus hornos de cemento, buscando reducir el costo de los combustibles tradicionales, como el combustóleo. Esta estrategia es alentada por un grupo de empresas extranjeras que han hecho del reciclaje de residuos peligrosos un gran negocio y ha encontrado la aceptación de las autoridades ambientales.

#### **PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DEL CEMENTO:**

La producción de cemento se realiza a través de un proceso con cinco etapas:

- a) comienza con la extracción de sus materias primas, piedra caliza principalmente (70%), además de otros materiales (arcilla, sílice, óxido de aluminio y hierro);
- b) Los materiales son triturados y almacenados por separado;
- c) La carga se dosifica para lograr la combinación de los elementos de acuerdo con el tipo de cemento buscado, tras lo cual se muelen hasta quedar un polvo muy fino;
- d) El polvo se bombea a los silos donde se uniformiza la mezcla antes de entrar a largos hornos rotatorios donde se calcinan; en la calcinación al ser sometidos a altas temperaturas (alrededor de 1500 grados centígrados) la materia prima sufre reacciones químicas y forma un nuevo material: el precemento, llamado comúnmente Clinker, que son como nódulos duros del tamaño de una nuez. Figura 5.15.
- e) Finalmente, se pasa a la etapa de molienda del Clinker, se adiciona yeso y se encostala. Cuando se mezcla cemento con arena, piedra, otros agregados y agua se produce el concreto.

La calcinación de los materiales en el horno rotatorio para la producción del Clinker es el núcleo fundamental del proceso descrito anteriormente; requiere de una gran cantidad de

energía, suministrada por el combustible, que se inyecta al horno, y representa el mayor costo económico en la fabricación del cemento.

Procesos productivos

Fabricación de cemento

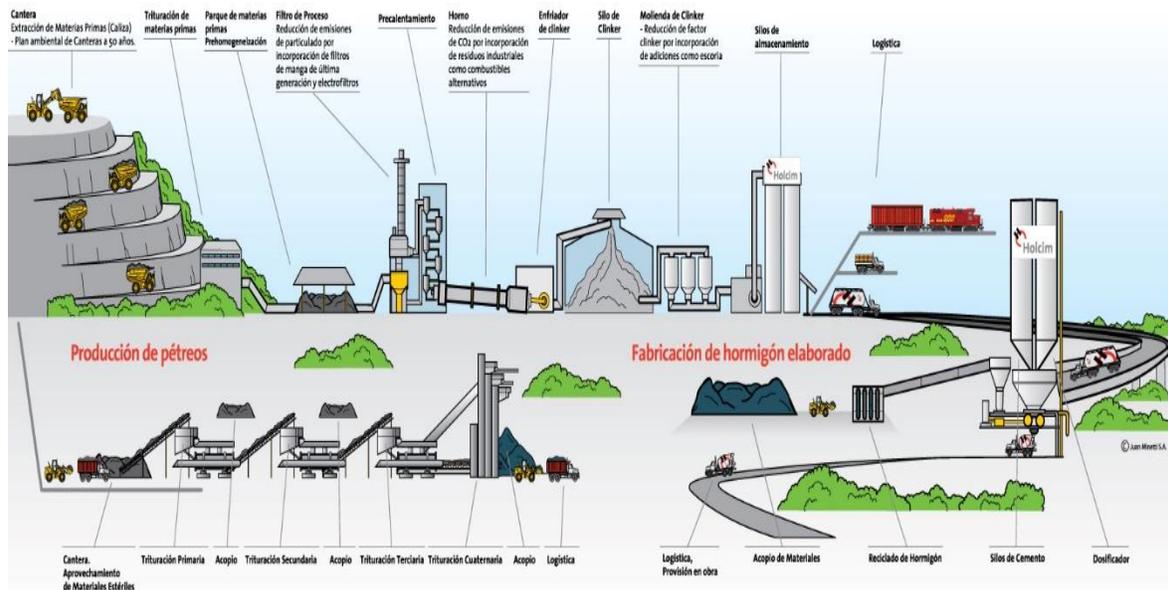


Figura 5.15 Proceso de producción de una cementera.

Fuente: Google.

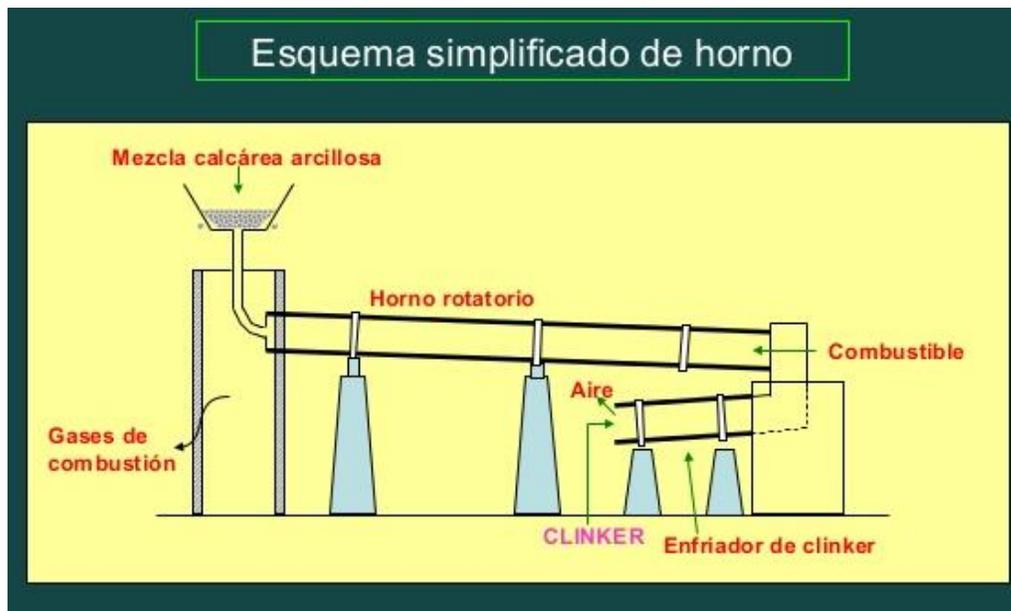


Figura 5.16 Esquema simplificado de un horno de producción de cemento.

Fuente: Google.

Los combustibles utilizados en la industria cementera se ilustran en la siguiente tabla 5.14. A su vez, existen otros combustibles utilizados para ser aprovechados en hornos incineradores para la producción de cemento, el caso que incluye las llantas y/o neumáticos utilizados.

Tabla 5-14 Poder calorífico superior (PCS), expresado en MJ/Kg, de algunos combustibles.

| Combustible       | PCS (MJ/Kg) |
|-------------------|-------------|
| Maderas           | 14.4 -19.0  |
| Turba             | 21.3        |
| Lignito           | 28.4        |
| Hulla             | 30.6        |
| Antracita         | 34.3        |
| Coque             | 29.3        |
| Coque de petróleo | 34.1        |
| Carbón de madera  | 31.4        |
| Etanol            | 26.8        |
| Neumáticos usados | 34-39       |
| Fuel-Oil          | 40.6        |
| Gasóleo           | 42.3        |
| Gasolina          | 43.9        |
| Queroseno         | 43.4        |
| Gas natural       | 44.0        |
| Butano            | 49.7        |

Fuente: (F. López. et al., 2012)

Este elevado poder calorífico de los neumáticos usados granulados, explica el interés de su utilización como combustible. Una alternativa de aprovechamiento de este residuo se basa en su empleo como combustible de sustitución, es decir, sustituyendo a combustibles fósiles tradicionales, en la industria del cemento. (F. López. et al., 2012)

### **Empresas que utilizan residuos como combustibles alternos en México**

Según datos de 2000, 21 plantas cementeras de un total de 29 que existen en el país cuentan con permisos provisionales y autorizaciones temporales para quemar residuos peligrosos en sus hornos de cemento. Destacan por su importancia el grupo de Cementos Mexicanos (Cemex) (en 11 de sus plantas) y Cementos Apasco (6 plantas), además de Cooperativa Cruz Azul (2 plantas), Cementos Portland Moctezuma, y Cementos de Chihuahua, con una planta respectivamente. Es importante recalcar que solo dos plantas cementeras -- la planta de Ramos Arizpe de Cementos Apasco y la planta de Torreón de CEMEX -- han estado quemando residuos peligrosos por años en sus hornos. Según datos de 2001, un total de 14 plantas de cemento quemó aproximadamente 71,000 toneladas de residuos peligrosos.

Tabla 5-15 Plantas cementeras que quemaron residuos peligrosos en 2000.

| COMPAÑÍA CEMENTERA    | NUMERO DE PLANTAS | NUMERO DE PLANTAS QUE QUEMAN RESIDUOS PELIGROSOS | CANTIDAD QUEMADA EN 2001 EN TONELADAS |
|-----------------------|-------------------|--|---------------------------------------|
| CEMEX                 | 18                | 5  | 23,000                                |
| Apasco                | 6                 | 6  | 20,000                                |
| Cruz Azul             | 2                 | 2  | 17,000                                |
| Moctezuma             | 2                 | 1  | 11,000                                |
| Cementos de Chihuahua | 3                 | 0  | 0                                     |
| <b>Total</b>          | <b>31</b>         | <b>14</b>  | <b>71,000</b>                         |

Fuente: (Fariás, 2001)

Las plantas mezcladoras de residuos peligrosos que lo ofrecen como combustible alternativo, a la industria cementera tienen identificados en forma preliminar 112 tipos de residuos líquidos, semisólidos y sólidos con poder calorífico, provenientes de los residuos de la industria Automotriz, Química, Electrónica, Fabricación de Pinturas y de la Refinación de Petróleo principalmente. Los tipos de residuos mezclados incluyen principalmente aceites y grasas provenientes de los residuos de los productos del petróleo y de los tanques de destilación, desechos de pintura y subproductos, residuos de solventes, residuos químicos gastados, papel, filtros, cartón y otros materiales contaminados.

Tabla 5-16 Empresas con permisos temporales y autorizaciones para la quema de residuos peligrosos como combustibles alternos.

| Empresa                                | Combustible Alterno (Tipo de Residuo)  |
|--|--|
| CEMEX (Cementos de México)             |  |
| Planta Torreón, Coahuila               | Aceites Gastados, Solventes, Tela, Estopa, Mezcla de Pintura, Ciclohexano, Lodos |
| Planta Huichiapan, Hidalgo             |  |
| Planta Ensenada, Baja California Norte | Aceites Gastados, Solventes y Llantas  |
| Planta Zapotiltic, Jalisco             | Aceites Gastados y Llantas   |
| Cementos Hidalgo, Atotonilco, Hidalgo  | Aceites Gastados, Solventes  |
| Planta Cd. Valles, San Luis Potosí     | Aceites Gastados, Catalizadores  |
| Cementos del Yaqui, Hermosillo, Sonora | Aceites Gastados   |
|  | Aceites Gastados   |
|  | Aceites Gastados   |

Fuente: (SEMARNAT, INECC, 2000)

Tabla 5-17 Empresas con permisos temporales y autorizaciones para la quema de residuos peligrosos como combustibles alternos, continuación.

| Empresa   | Combustible Alterno (Tipo de Residuo)   |
|---|---|
| Cementos del Noreste, Hidalgo, Nuevo León<br><br>Planta Monterrey, Nuevo León<br><br>Cementos Guadalajara, Tlaquepaque, Jalisco<br>Cementos Maya, Mérida, Yucatán | Aceites Gastados  |
| Cementos de Chihuahua Samalayuca, Chihuahua   | Aceites Gastados  |
| Cementos Moctezuma Morelos  | Llantas, Aceites gastados y residuos plásticos.   |
| Planta Apasco, Apaxco, México   | Grasa, Lodos, Hule, Lodos blancos, Aceites Gastados, Carbón activado, Estopa, Trapos, Catalizadores, Llantas, Pañales, Papel, Plástico, Tintas, Mascarillas, Tóner, Filtros, Sulfato de calcio al yeso en la fabricación del cemento. |
| Planta Ramos Arizpe, Ramos Arizpe, Saltillo   | Aceites Gastados, Llantas   |
| Planta Macuspana, Tabasco   | Estopa, Guantes, Trapos, Papel, Plástico, Tintas, Cáscara de arroz, Desecho de coco, Mascarillas, Tóner, Catalizador, Hule Filtros, Aserrín, Lodos, Aceites, Llantas, Carbón Activado, Solventes                                      |
| Planta Tecomán, Colima  | Hule Duro, Carbón Activado, Estopa, Papel, Plástico, Cartón, Tintas, Mascarillas, Tóner, Catalizadores, Filtros, Aserrín, Tierras, Lodos, Aceite, Grasas y Solventes  |
| Planta Orizaba, Veracruz  | Estopa, Guantes, Trapos, Garras, Papel, Plástico, Hule, Llantas, Carbón Activado, Tierras, Lodos, Aceites, Grasas, Filtros, Aserrín, Catalizador y Solventes  |
| Planta Acapulco, Guerrero   | Aceites Gastados  |
| Cementos Portland Moctezuma Jiutepec, Morelos   | Neumáticos usados   |
| Sociedad Cooperativa Cruz Azul Jasso, Hidalgo Lagunas, Oaxaca   | Aceites Gastados  |

Fuente: (SEMARNAT, INECC, 2000)

Empresas extranjeras, principalmente estadounidenses, han realizado inversiones conjuntas con los grupos cementeros más fuertes de México para crear nuevas empresas que den el servicio de la recolección y mezcla de residuos peligrosos, para ofrecerlos como combustible alternativo, construyendo plantas mezcladoras en los predios de las industrias cementeras.

## PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO PARA EL PLAN DE MANEJO

En este apartado se presentan las cantidades obtenidas por tipo de residuo de mantenimiento del hogar y así proponer su aprovechamiento.

Como resultados obtenidos en el estudio de generación de residuos, se obtuvieron los porcentajes de los residuos de mantenimiento del hogar como se muestra en la siguiente tabla 5.18 y figura 5.17.

Tabla 5-18 Porcentaje por tipo de residuo de mantenimiento del hogar obtenido en el estudio de generación.

| Tipo de residuo de mantenimiento del hogar            | Peso Kg     | Porcentaje % |
|---|-------------|--------------|
| Destapa caños   | 1.6         | 26.45        |
| Pulidores y limpiadores para metales y recubrimientos | 0.53        | 8.76         |
| Productos para pulir muebles                          | 0.85        | 14.05        |
| Quita sarro   | 0.66        | 10.91        |
| Pinturas base solvente (aceite)                       | 0.42        | 6.94         |
| Solventes (thinner y aguarrás)                        | 0.24        | 3.97         |
| Pegamentos y adhesivos epóxicos                       | 0.15        | 2.48         |
| Removedor de pintura y barniz                         | 0.13        | 2.15         |
| Selladores  | 0.06        | 0.99         |
| Tintas para madera                                    | 1.27        | 20.99        |
| Aquellos productos son pictograma de corrosivo        | 0.14        | 2.31         |
| <b>TOTAL</b>  | <b>6.05</b> | <b>100</b>   |

Elaboración propia.



Figura 5.17 Porcentaje por tipo de residuo de mantenimiento del hogar obtenido en el estudio de generación.  
Elaboración propia.

La figura anterior muestra que los envases de productos de destapacaños son aquellos que se generaron en mayor cantidad en un 26%, seguido de los envases de tintas para madera con un 21% y posteriormente los envases que contienen productos para pulir muebles en un 14%, siendo en menor cantidad los envases que contuvieron selladores y removedores de pintura y barniz.

#### RESIDUOS ENVASES PLÁSTICOS

Dentro de los envases obtenido de plástico se encontraron los siguientes:

- 1 polietileno de tereftalato PET o PETE
- 2 polietileno de alta densidad PEAD o HDPE
- 4 polietileno de baja densidad PEDB
- 7 otros plásticos
- PP polipropileno

En las siguientes figura 5.19, figura 5.20 y figura 5.21 se muestra el número de plástico de los envases encontrados.

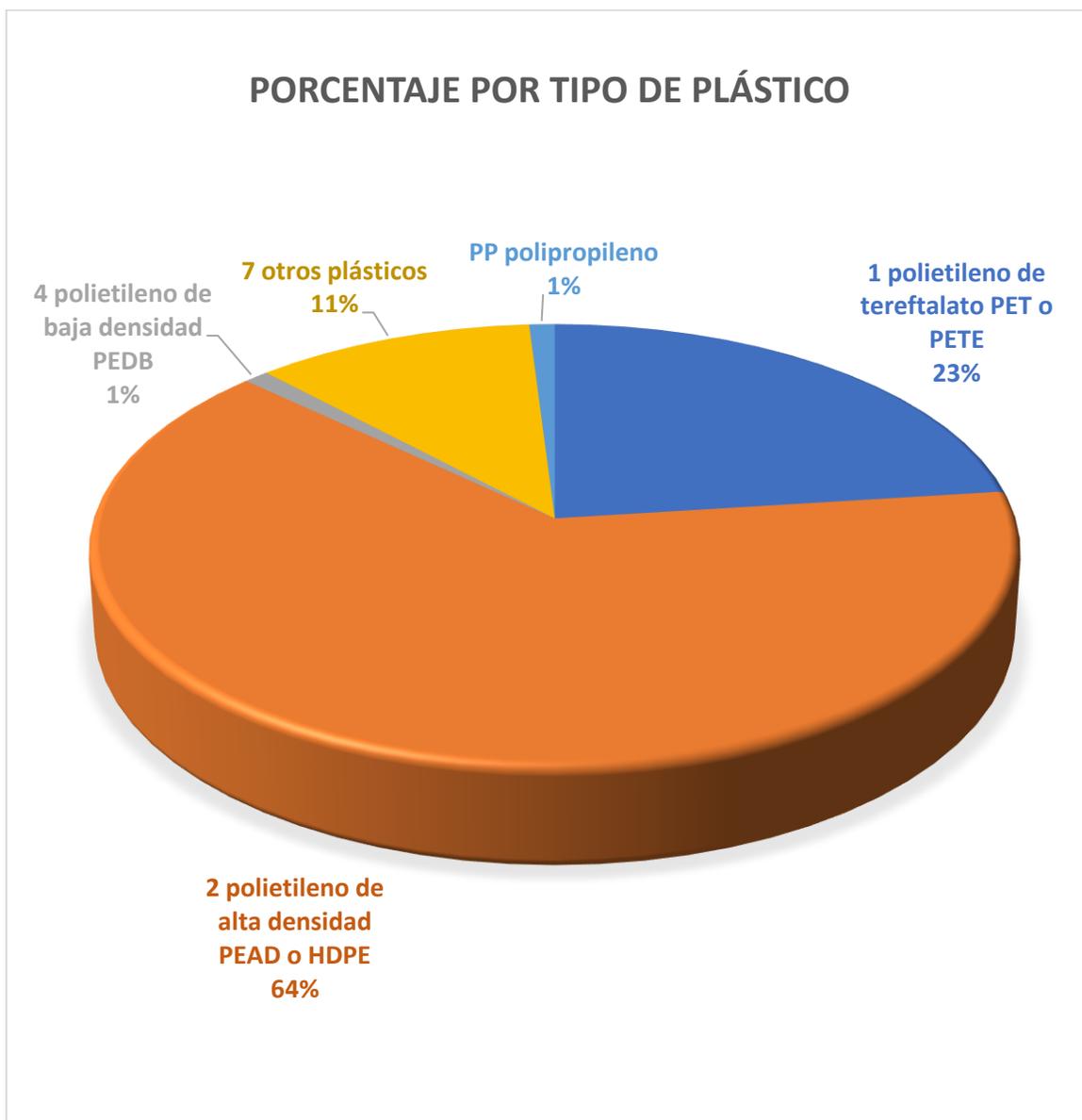


Figura 5.18 Porcentaje por tipo de plástico obtenido en el estudio de generación.  
Elaboración propia.



Figura 5.19 Envase de plástico PEAD (2 HDPE).  
Elaboración propia.



Figura 5.20 Envase plástico tinta para madera HDPE (2 PEAD).  
Elaboración propia.



Figura 5.21 Envase plástico pulidor de muebles PETE (1 PET).

Elaboración propia.

En la siguiente tabla 5.19 se muestran las cantidades generadas por tipo de residuo de mantenimiento del hogar por Alcaldía, de acuerdo con el porcentaje estimado generado.

Tabla 5-19 Generación por tipo de residuo de mantenimiento del hogar por Alcaldía (Ton/semana) con base en el estudio de generación.

| Generación por tipo de residuo de mantenimiento del hogar por Alcaldía (Ton/semana) |  |               |   |                             |               |                                 |                                |                                 |                               |              |                    |  |
|---|--|---------------|---|-----------------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------|--|
| Alcaldía  | Residuos de Mantenimiento del hogar (Ton/semana) | Destapacaños  | Pulidores y limpiadores para metales y recubrimientos | Producto para pulir muebles | Quita sarro   | Pinturas base solvente (aceite) | Solventes (thinner y aguarrás) | Pegamentos y adhesivos epóxicos | Removedor de pintura y barniz | Selladores   | Tintas para madera | Aquellos productos con pictograma de corrosivo |
| Álvaro Obregón  | 61.84  | 16.35         | 5.42  | 8.69                        | 6.75          | 4.29                            | 2.45                           | 1.53                            | 1.33                          | 0.61         | 12.98              | 1.43   |
| Azcapotzalco  | 45.12  | 11.93         | 3.95  | 6.34                        | 4.92          | 3.13                            | 1.79                           | 1.12                            | 0.97                          | 0.45         | 9.47               | 1.04   |
| Benito Juárez   | 62.19  | 16.45         | 5.45  | 8.74                        | 6.78          | 4.32                            | 2.47                           | 1.54                            | 1.34                          | 0.62         | 13.05              | 1.44   |
| Coyoacán  | 70.77  | 18.72         | 6.20  | 9.94                        | 7.72          | 4.91                            | 2.81                           | 1.75                            | 1.52                          | 0.70         | 14.86              | 1.64   |
| Cuajimalpa de Morelos   | 16.28  | 4.31          | 1.43  | 2.29                        | 1.78          | 1.13                            | 0.65                           | 0.40                            | 0.35                          | 0.16         | 3.42               | 0.38   |
| Cuauhtémoc  | 115.09   | 30.44         | 10.08   | 16.17                       | 12.56         | 7.99                            | 4.57                           | 2.85                            | 2.47                          | 1.14         | 24.16              | 2.66   |
| Gustavo A Madero  | 151.72   | 40.12         | 13.29   | 21.32                       | 16.55         | 10.53                           | 6.02                           | 3.76                            | 3.26                          | 1.50         | 31.85              | 3.51   |
| Iztacalco   | 42.02  | 11.11         | 3.68  | 5.90                        | 4.58          | 2.92                            | 1.67                           | 1.04                            | 0.90                          | 0.42         | 8.82               | 0.97   |
| Iztapalapa  | 202.41   | 53.53         | 17.73   | 28.44                       | 22.08         | 14.05                           | 8.03                           | 5.02                            | 4.35                          | 2.01         | 42.49              | 4.68   |
| La Magdalena Contreras  | 22.91  | 6.06          | 2.01  | 3.22                        | 2.50          | 1.59                            | 0.91                           | 0.57                            | 0.49                          | 0.23         | 4.81               | 0.53   |
| Miguel Hidalgo  | 72.28  | 19.12         | 6.33  | 10.16                       | 7.89          | 5.02                            | 2.87                           | 1.79                            | 1.55                          | 0.72         | 15.17              | 1.67   |
| Milpa Alta  | 10.53  | 2.78          | 0.92  | 1.48                        | 1.15          | 0.73                            | 0.42                           | 0.26                            | 0.23                          | 0.10         | 2.21               | 0.24   |
| Tláhuac   | 31.23  | 8.26          | 2.74  | 4.39                        | 3.41          | 2.17                            | 1.24                           | 0.77                            | 0.67                          | 0.31         | 6.56               | 0.72   |
| Tlalpan   | 75.9   | 20.07         | 6.65  | 10.66                       | 8.28          | 5.27                            | 3.01                           | 1.88                            | 1.63                          | 0.75         | 15.93              | 1.76   |
| Venustiano Carranza   | 74.93  | 19.82         | 6.56  | 10.53                       | 8.17          | 5.20                            | 2.97                           | 1.86                            | 1.61                          | 0.74         | 15.73              | 1.73   |
| Xochimilco  | 38.66  | 10.22         | 3.39  | 5.43                        | 4.22          | 2.68                            | 1.53                           | 0.96                            | 0.83                          | 0.38         | 8.12               | 0.89   |
| Central de Abasto   | 49.1   | 12.99         | 4.30  | 6.90                        | 5.36          | 3.41                            | 1.95                           | 1.22                            | 1.06                          | 0.49         | 10.31              | 1.14   |
| <b>TOTAL</b>  | <b>1142.97</b>                                   | <b>302.27</b> | <b>100.13</b>   | <b>160.58</b>               | <b>124.69</b> | <b>79.35</b>                    | <b>45.34</b>                   | <b>28.34</b>                    | <b>24.56</b>                  | <b>11.34</b> | <b>239.93</b>      | <b>26.45</b>                                   |

Adaptada de: (SEDEMA, 2016)

## CAPACIDAD CALORÍFICA DE LOS RESIDUOS

La capacidad calorífica es definida como el calor específico o **capacidad** térmica específica es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad, se mide en **unidades** del SI julios por kelvin (J/K) (o también en cal/°C). La industria de producción de cemento por sus características puede utilizar combustibles alternos como aceites usados los cuales poseen un poder calorífico alto, materias primas que contienen minerales apropiados para la producción de Clinker, materiales que suministran poder calorífico con componentes minerales como los lodos de la industria del papel y llantas usadas. La mayoría de los Residuos Sólidos Urbanos se pueden usar en hornos como fuentes alternativas de combustible porque su valor calorífico mínimo es de 10.7 MJ/kg, que es más bajo que el valor calorífico de los combustibles de uso común (Queiroz et al; 2012). El contenido calórico puede variar dependiendo de los residuos utilizados. Sin embargo, no solo es el poder calorífico lo que importa, sino también el contenido mineral del residuo (ceniza) que se puede utilizar como materia prima alternativa en la producción de Clinker. En la siguiente tabla 5.20 se muestra la capacidad calorífica de algunos materiales de residuos.

Tabla 5-20 Capacidad calorífica de algunos residuos.

| Capacidad Calorífica MJ/Kg           |                            |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Tipo de residuo                      | Residuos secos sin humedad |
| Comida mezclada                      | 13.9                       |
| Grasas                               | 38.2                       |
| Fruta                                | 18.6                       |
| Carne                                | 28.9                       |
| Papel mezclado                       | 17.6                       |
| Periódico                            | 19.7                       |
| Cartón                               | 27.1                       |
| Plásticos mezclados                  | 33.4                       |
| Polietileno                          | 43.4                       |
| Poliestireno                         | 38.1                       |
| Poliuretano                          | 26                         |
| PVC                                  | 22.5                       |
| Restos de Jardín                     | 15.1                       |
| Mezcla de maderas                    | 19.3                       |
| Vidrio                               | 0.2                        |
| Metales                              | 0.7                        |
| Residuos sólidos domiciliarios       | 14.5                       |
| Residuos sólidos urbanos comerciales | 15                         |
| Residuos sólidos urbanos             | 13.4                       |

Fuente: (Queiroz et al; 2012).

Conociendo las capacidades caloríficas por kilogramo de residuo que se obtiene, se puede mencionar como lo indica la siguiente tabla 5.21 la comparación entre las capacidades caloríficas de los residuos de interés.

Tabla 5-21 Capacidad calorífica de algunos residuos y combustibles.

| <b>Capacidad Calorífica MJ/Kg</b> |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Tipo de residuo</b>            | <b>Residuos secos sin humedad</b> |
| <b>Plásticos mezclados</b>        | 33.4                              |
| <b>Poliétileno</b>                | 43.4                              |
| <b>Poliestireno</b>               | 38.1                              |
| <b>Poliuretano</b>                | 26                                |
| <b>PVC</b>                        | 22.5                              |
| <b>Coque</b>                      | 29.3                              |
| <b>Gasóleo</b>                    | 42.3                              |
| <b>Queroseno</b>                  | 43.4                              |
| <b>Butano</b>                     | 49.7                              |
| <b>Gas natural</b>                | 44.0                              |
| <b>Coque de petróleo</b>          | 34.1                              |

Fuente: (Queiroz et al; 2012)

La cantidad necesaria de residuos plásticos que se necesitan para sustituir 1kg de combustible gasóleo es de 1.27 kg, lo que supone un aumento de 270 g a diferencia del combustible gasóleo, en el caso del gas natural, se necesitan 1.32 kg de residuos plásticos para sustituirlo.

La producción de cemento consume inherentemente grandes cantidades de materias primas y de energía. Por ejemplo, una planta de cemento vía seca necesita 1,600,000 toneladas de materias primas y 150,000 toneladas de combustibles (en equivalente a carbón de alta calidad) para producir anualmente 1 Mt de Clinker de cemento Portland. Por ejemplo, en la UE a 25, y en Suiza, Noruega y países candidatos (Bulgaria, Rumania y Turquía), se consumieron en el año 2002 375 Mt de materias primas y 30 Mt de combustibles para producir 267 Mt de cemento. El cual equivale a la utilización de 0.113 Ton de combustibles para la producción de 1 Ton de cemento. (Lorea & Van loo, 2009) Utilizando los residuos plásticos con un aprovechamiento de 1.27 kg, sustituyendo el combustible gasóleo, para producir 1 Ton de cemento en una planta de cemento como la de los países antes mencionados, se requerirían 0.136 Ton de residuos plásticos para la producción de 1 Ton de cemento.

## RECEPCIÓN DE RESIDUOS PARA SU APROVECHAMIENTO

### CEMEX

CEMEX coprocesa más del 90% de los desechos generados en sus plantas de cemento, a través de operaciones de cuidado ambiental. En 2011, 632 toneladas de estos subproductos fueron coprocesados. CEMEX logró una sustitución de energía por combustibles alternos en un 17.7% lo que representó un incremento del 16% con respecto al año anterior. (CEMEX, 2012).

En 2012, creció en 23.6% las toneladas de subproductos reciclados mediante coprocesamiento que fueron aprovechados como materia prima alterna, lo que evitó que 560 mil toneladas de residuos fueran a rellenos sanitarios y otros sitios de disposición.

### CANTERA TULA

Planta Agregados Cantera la Palma, Domicilio Conocido, Ejido Ignacio Zaragoza Tula de Allende, Hidalgo.

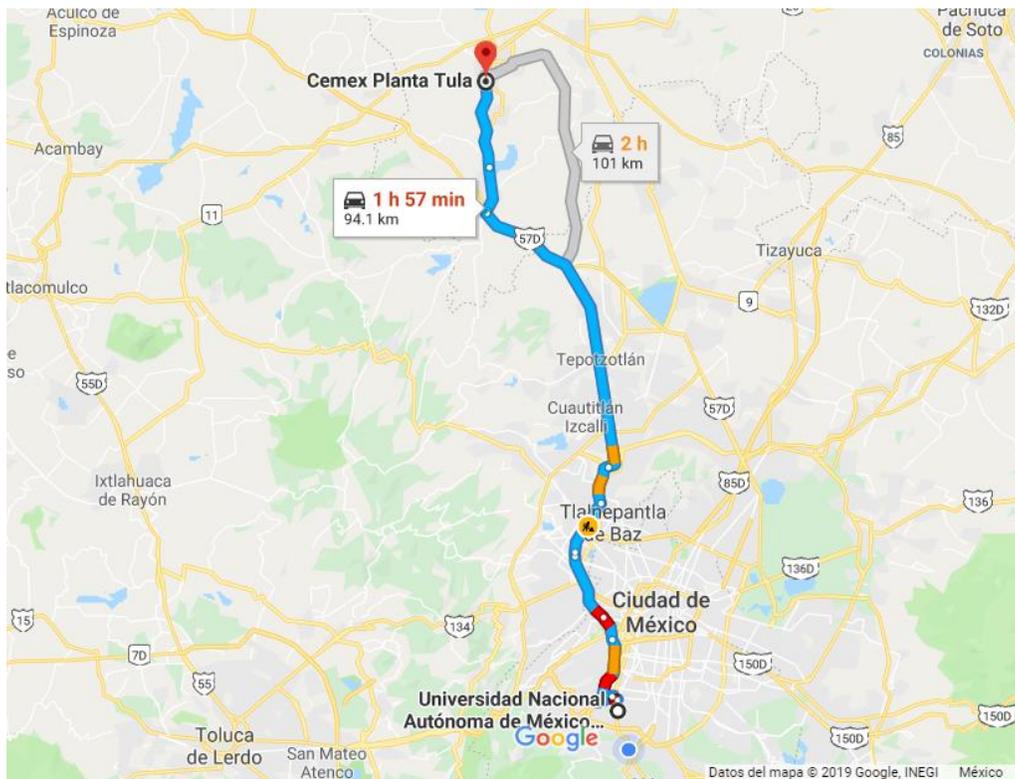


Figura 5.22 Distancia Cantera a Tula.

Fuente: Google.

## CANTERA CERRO JARDÍN

Planta Agregados. Domicilio Conocido, Poblado de Coayuca s/n, Municipio de Atotonilco Tula de Allende, Hidalgo.

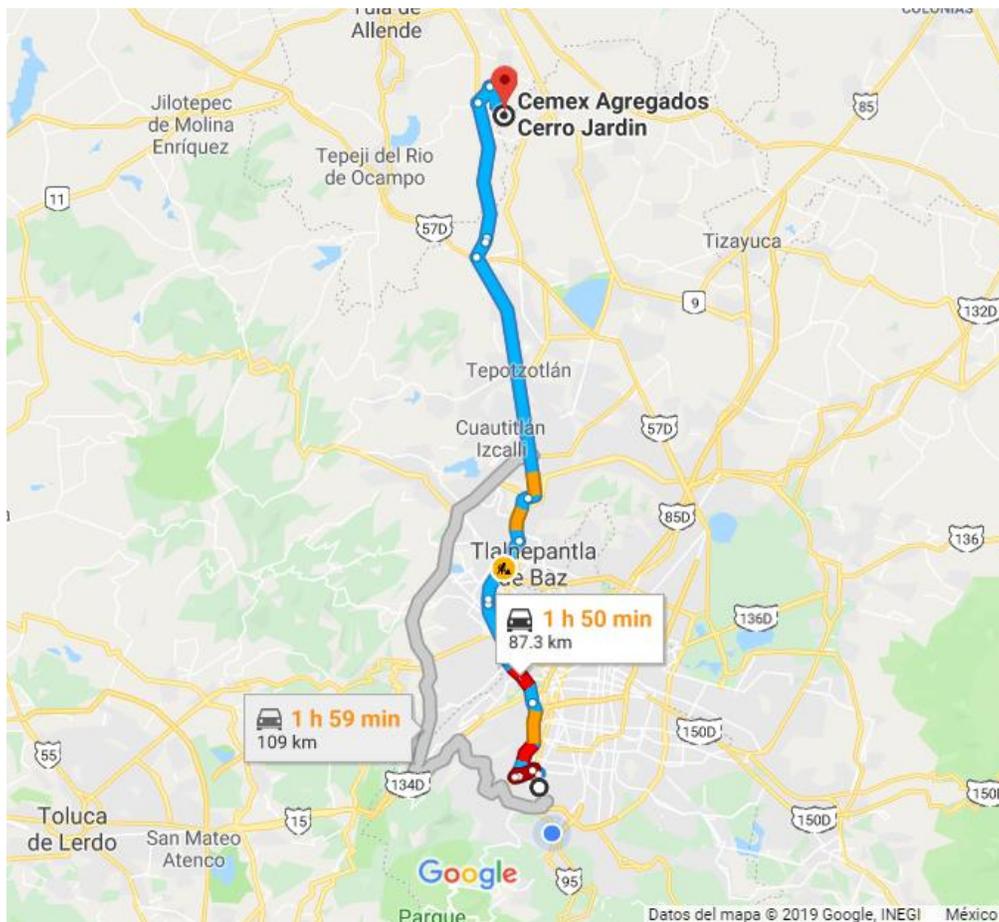


Figura 5.23 Distancia Cantera Cerro Jardín.

Fuente: Google.

## RESA (Rellenos sanitarios de Puebla) / PLANTA TEPEACA (Planta de producción CEMEX)

RESA es una empresa mexicana la cual se dedica al manejo y disposición de residuos sólidos, mediante el diseño, construcción, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios. Actualmente tiene a su cargo la operación del relleno sanitario de Puebla.

Relleno sanitario de Puebla Chiltepeque. Rellenos Sanitarios Resa Sa De Cv, Av. Juarez 1910, La Paz, 72160 Puebla, Puebla. Cuenta con 67 hectáreas de superficie, tres celdas A, B y C, clausuradas las dos primeras, opera en la celda C. Son recibidas 1700 toneladas de residuos sólidos municipales al día. Para su operación cuenta con los siguientes procesos:

Planta de separación

Planta de aprovechamiento de Biogás

Planta de tratamiento de lixiviados.

Lagunas de evaporación de lixiviados.

Planta automatizada (CEMEX)

Zona de Tiro.

Planta automatizada (CEMEX)

El relleno sanitario cuenta con una planta automatizada, la cual fue construida en un convenio con CEMEX, que tiene como finalidad separar los residuos valorizables térmicamente, los cuales la empresa utiliza como combustible en sus procesos de producción.



Figura 5.24 Instalaciones relleno sanitario Puebla, RESA

Fuente: Google.

Aquellos residuos con alto poder calorífico como los plásticos que son recibidos en el relleno sanitario de Puebla son enviados a la planta automatizada dentro del relleno sanitario, para ser puestos a disposición de CEMEX, quien es encargada de enviar tracto camiones para la recolección de estos residuos que serán aprovechados en su planta de producción en Tepeaca ubicada en Ex Hacienda San Lorenzo S/N Cuautichan, 75200 Tepeaca, Puebla. Estos combustibles derivados de residuos (CDR) son aprovechados para la generación de energía en la planta de producción de cemento; mensualmente son recibidas 2000 toneladas de CDR provenientes del relleno sanitario, transportándolos en tres viajes diarios.

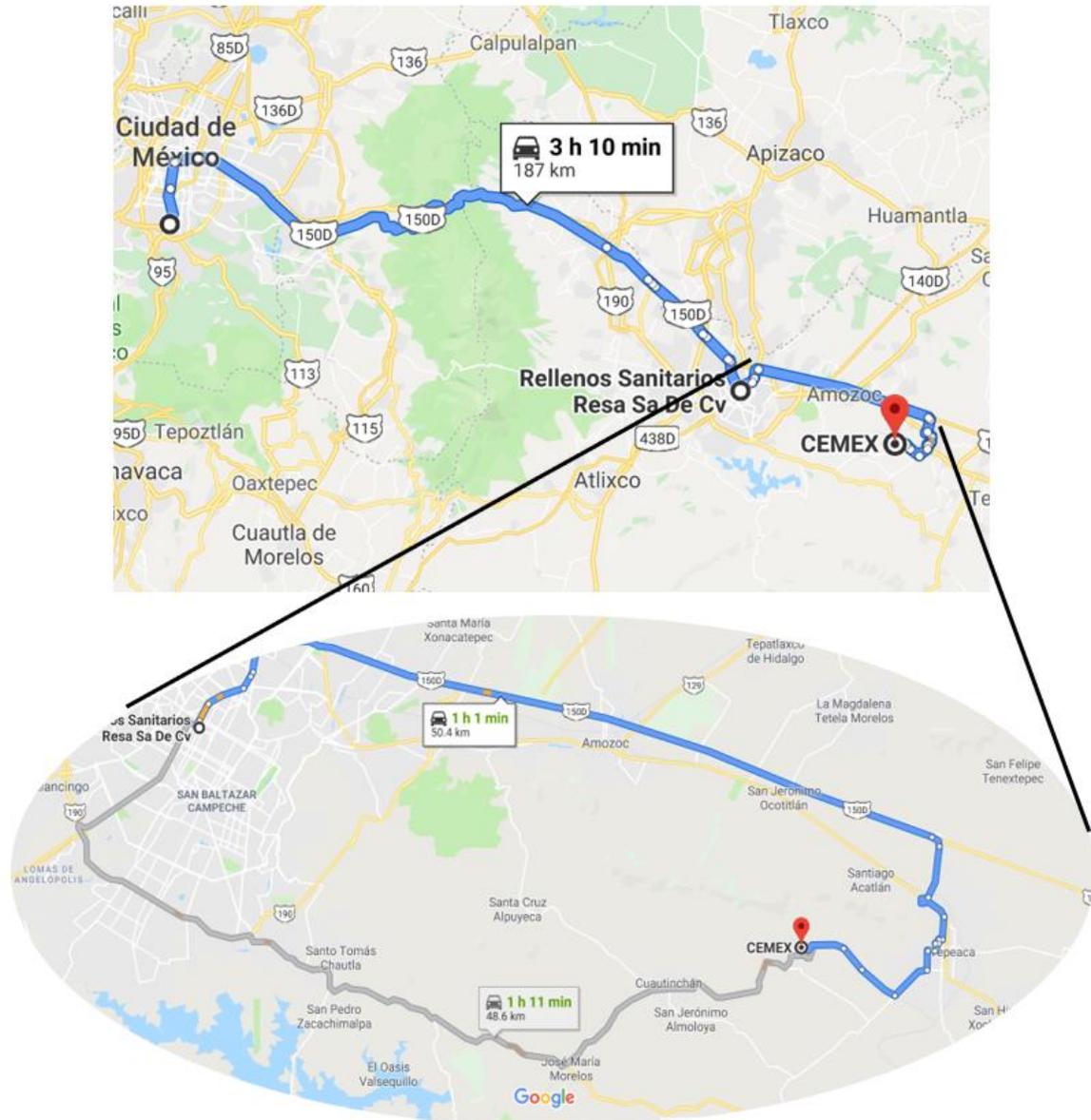


Figura 5.25 Distancia de traslado de CDR desde estación de recepción hasta planta de aprovechamiento térmico en CEMEX.

Fuente: Google.

### CORPORACIÓN MOCTEZUMA, S.A.B. DE C.V

Cementos Moctezuma / Planta Tepetzingo. Es accionista mayoritario de un grupo de empresas cuyas actividades primordiales, se dedican a la producción y venta de cemento portland, concreto premezclado, arena y grava, por lo que sus operaciones se realizan principalmente en la industria del cemento y del concreto.

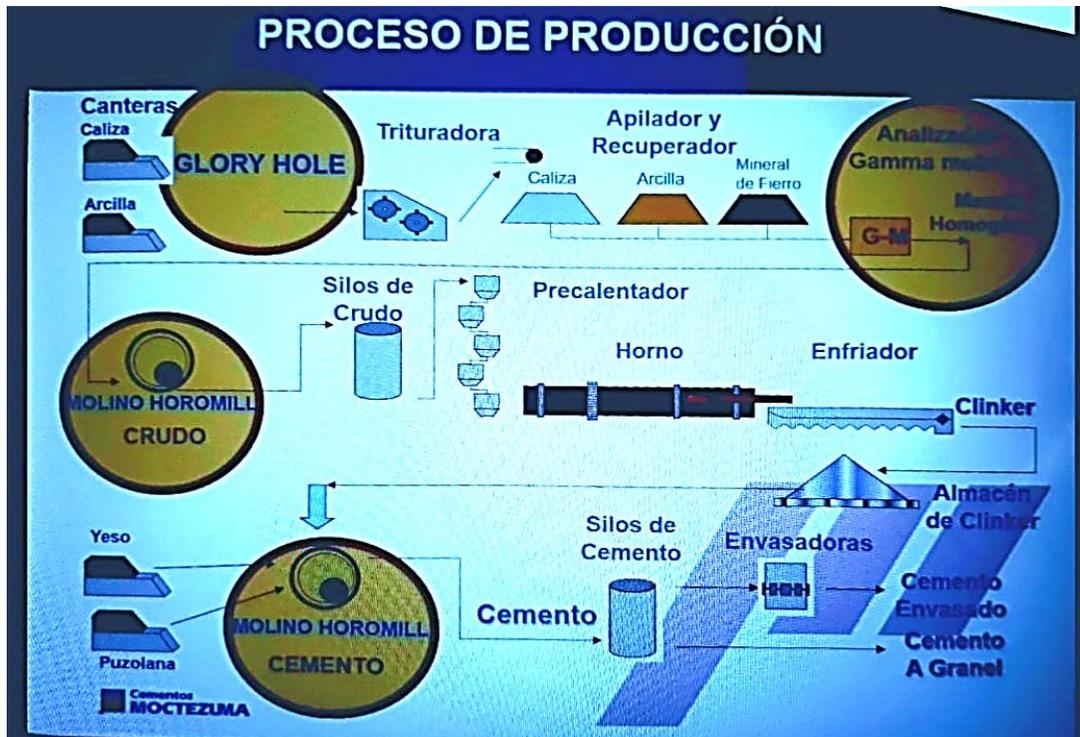


Figura 5.26 Proceso de producción de la planta Cementos Moctezuma.

Fuente: Google.

Dirección: Tezoyuca - Tepetzingo km 1.9, Tepetzingo, 62765 Municipio de Emiliano Zapata, Mor.

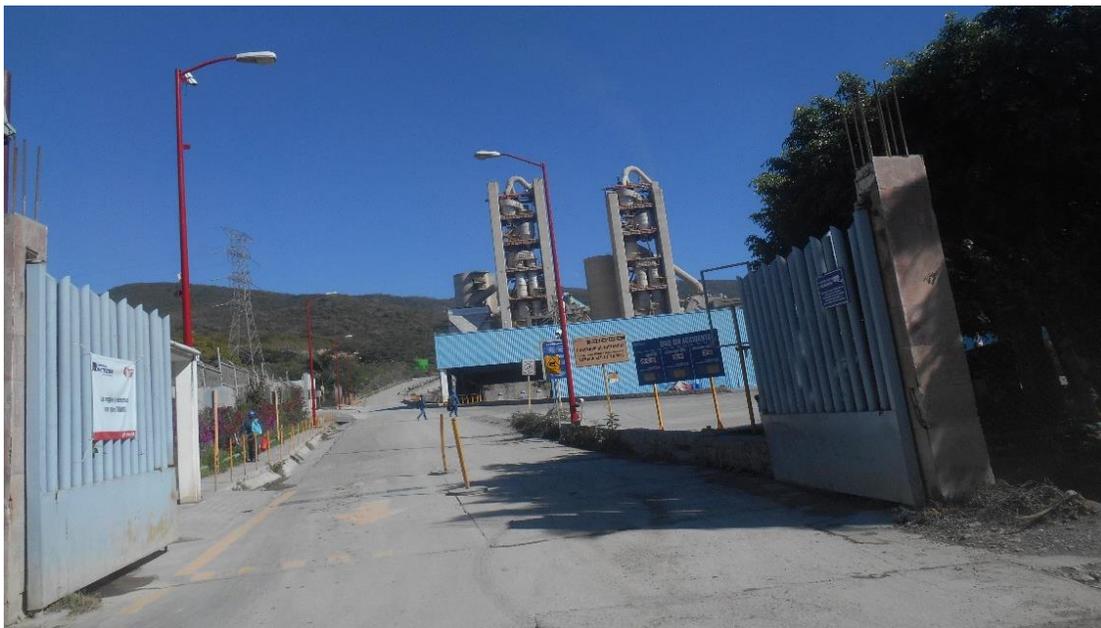


Figura 5.27 Entrada planta Cementos Moctezuma.

Fuente: Google.

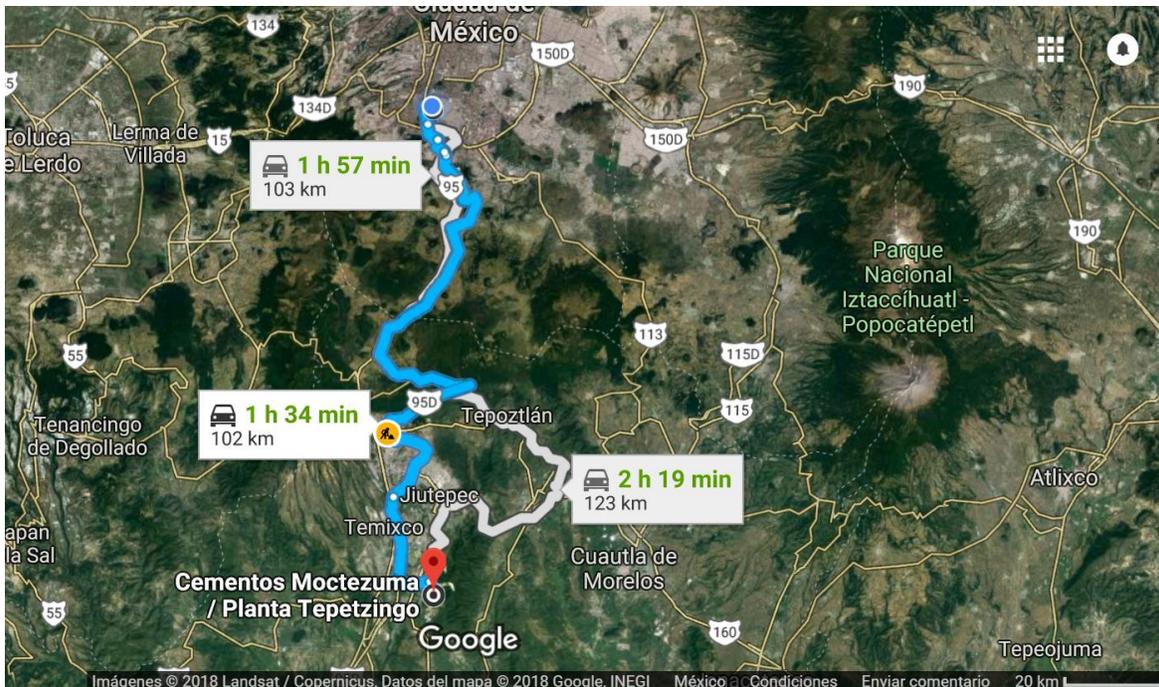


Figura 5.28 Ubicación cementos Portland.

Fuente: Google.

### 5.12.2. Reciclaje mecánico de plásticos (Recicladora)

El reciclaje mecánico es la técnica económica y ambientalmente más favorable. Este método contribuye al 50% del total del proceso de reciclaje y es la segunda técnica por detrás de la recuperación de energía. Este proceso recupera directamente los principales plásticos limpios (residuos de la producción) para su reuso en la manufactura de nuevos productos plásticos, por lo que son en su mayoría adecuados para residuos plásticos pre-consumo, y mayormente directamente utilizados en las compañías que procesan los polímeros o en las industrias que los usan o los transforman en producto final. Los productos pre-consumo consisten en una única materia prima la cual está muy bien identificada, limpia y homogénea. (Plastics Europe 2004, Al-Salem et al. 2009).

El impacto ambiental ocasionado durante el proceso de acondicionamiento de residuos plásticos depende principalmente del tipo, calidad y procedencia del residuo recuperado, teniendo como principal afectación la del recurso hídrico, debido a que durante el lavado de los residuos plásticos se pueden concentrar en los vertimientos diversas sustancias residuales contaminantes. Como ejemplos comunes de tales sustancias pueden encontrarse compuestos organofosforados, clorofenacéticos y derivados de la urea, entre otros, debido al contacto con fertilizantes, herbicidas y plaguicidas cuando el plástico proviene de cultivos agrícolas (flores, banano, etc); grasas y ácido láctico en el caso que el

plástico provenga de productos alimenticios; aceites y lubricantes si provienen de envases. En relación con las emisiones atmosféricas, las diferentes etapas del proceso de acondicionamiento de residuos plásticos no generan gases contaminantes, ni material sólido en forma de finos. En caso de que se tenga un proceso final de peletizado, se pueden generar gases y vapor de agua asociados a la fusión del plástico en la extrusora/peletizadora y las cuales se controlan básicamente con una ventilación apropiada.

### PROCESO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS:

La mayoría de los equipos son similares a los empleados normalmente en la manufactura de plásticos a partir de materia prima virgen. Los plásticos son lavados, triturados y molidos alimentando extrusoras o inyectoras que los funden y homogeneizan, descargándolos bajo presión en moldes, o granulados en pellets (peletizado) para su posterior comercialización. (Plastivida, 2015).

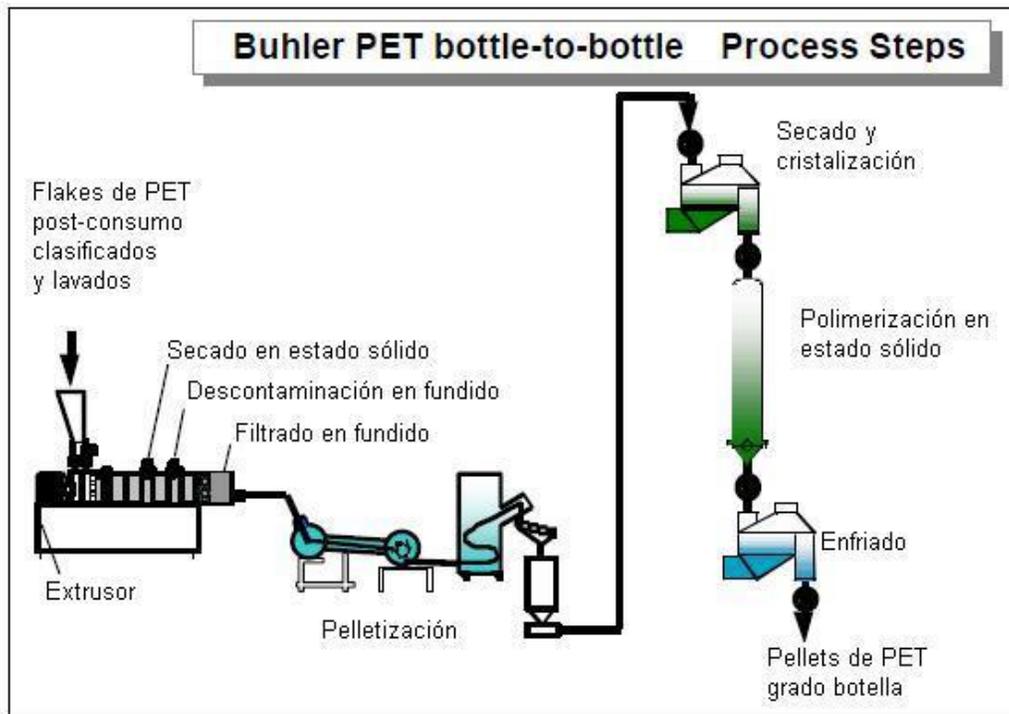


Figura 5.29 Proceso de producción de pellet.

Fuente: (PAPASPYRIDES, 2008)

SELECCIÓN / SEPARACION. El objetivo de esta etapa es obtener un producto más limpio, mediante la eliminación de impurezas de otros materiales. Esta selección se hace de forma automática y/o manual, basándose en una amplia variedad de criterios: color (por ejemplo, eliminar colores críticos como amarillo, verde, marrón rojo y negro; dejar solo los azules e incoloros), materiales plásticos (eliminación de PE, PP, PVC), forma (por ejemplo, seleccionar solo botellas de refresco y agua) y eliminación de materiales metálicos.

En función de las propiedades de los materiales se utilizan diferentes sistemas de separación: separadores colorimétricos, de infrarrojo cercano (NIR), triboeléctricos, ultravioletas, Foucault o corrientes de Eddy, etc. Su mayor o menor efectividad depende de las características de lo que hay que separar: grado de suciedad, humedad, etc.

Además, se suele hacer una detección y separación de elementos metálicos férricos del triturado mediante imanes dispuestos en diferentes puntos de la línea, antes de los trituradores para protegerlos y también después para evitar el desgaste del resto de la maquinaria durante el proceso.

Estos procesos de separación de impurezas se pueden realizar en diferentes puntos a lo largo de toda la línea de reciclado, pudiendo ser más o menos exhaustivos en función de la aplicación prevista y de las condiciones en las que el residuo llega a la planta recicladora.

TRITURADO. Los envases son reducidos de tamaño, normalmente mediante molinos de cuchillas.

El tamaño final puede variar de una instalación a otra, aunque lo habitual es obtener una escama menor de 10 mm y libre de polvo.

LAVADO. Es realizado sobre el triturado (aunque también puede haber un lavado inicial sobre el envase). Utilizando agua, tensoactivos y/o sosa diluida a una temperatura que puede ser variable (lavado en frío o temperatura ambiente, lavado medio a unos 40°C o lavado en caliente de 70 °C a 90 °C. Se puede encontrar un único equipo de lavado o varios dispuestos, normalmente, en línea. Mediante este lavado se eliminan contaminantes orgánicos (residuos de cola), tierra y arena presentes en la superficie de la escama. Los tensoactivos y la sosa empleados son eliminados mediante lavados sucesivos con agua; en el caso de que el enjuague no fuera adecuado, quedarían restos de estas sustancias que supondrían una contaminación en la escama final.

Mediante el conjunto de lavados se separan además otra serie de impurezas como poliolefinas, papeles y otros residuos por diferencias de densidad y flotación.

En ocasiones se utilizan métodos de fricción, centrifugación, ciclón, etc. para mejorar el lavado y la eliminación de elementos no deseados.

El triturado ya limpio y más puro es secado (150-180°C), para su almacenamiento, su posterior extrusión o para una fase de descontaminación en forma de granza o escama, dependiendo del proceso.

El tiempo de secado de la escama puede variar mucho (desde algunos minutos hasta varias horas) dependiendo de si se hace en presencia de vacío o no.

EXTRUSION / GRANCEADO (para algunos procesos). En este proceso, la escama ya limpia y seca es sometida a una extrusión (con temperatura y presión) para la obtención del producto final o granza (pellets).

#### PROCESOS DE DESCONTAMINACIÓN.

Para que el material obtenido en un proceso de reciclado mecánico convencional alcance las características necesarias para su uso en contacto con alimentos (aunque ésta no es la única exigencia, como se explicará más tarde) es necesario un tratamiento posterior de descontaminación. En estos procesos son eliminados aquellos contaminantes que pueden quedar adsorbidos en la superficie del plástico. Los métodos de súper-limpieza haciendo referencia a que el material reciclado puede estar nuevamente en contacto con alimentos.

En la actualidad es posible distinguir diversos tipos de procesos de descontaminación en función del tratamiento que se utilice. Uno de ellos es la descontaminación mediante tratamiento térmico. Este proceso se lleva a cabo introduciendo el triturado en una extrusora a 280°C. Las impurezas infundibles e insolubles que todavía pueda contener el material serán retenidas en el filtro para ser eliminadas. Si se mantiene esta temperatura será producida una ruptura de enlaces y en general una caída de la viscosidad por lo que es necesario, para mantener las propiedades provocar una policondensación que aumente la masa molecular en peso y en número. Durante esta policondensación es necesario eliminar el agua liberada por la esterificación haciendo el vacío o mediante corriente gaseosa durante toda la reacción.

Principalmente la policondensación elimina contaminantes por difusión, debido a la exposición de la escama de PET a altas temperaturas con tiempos de residencia largos.

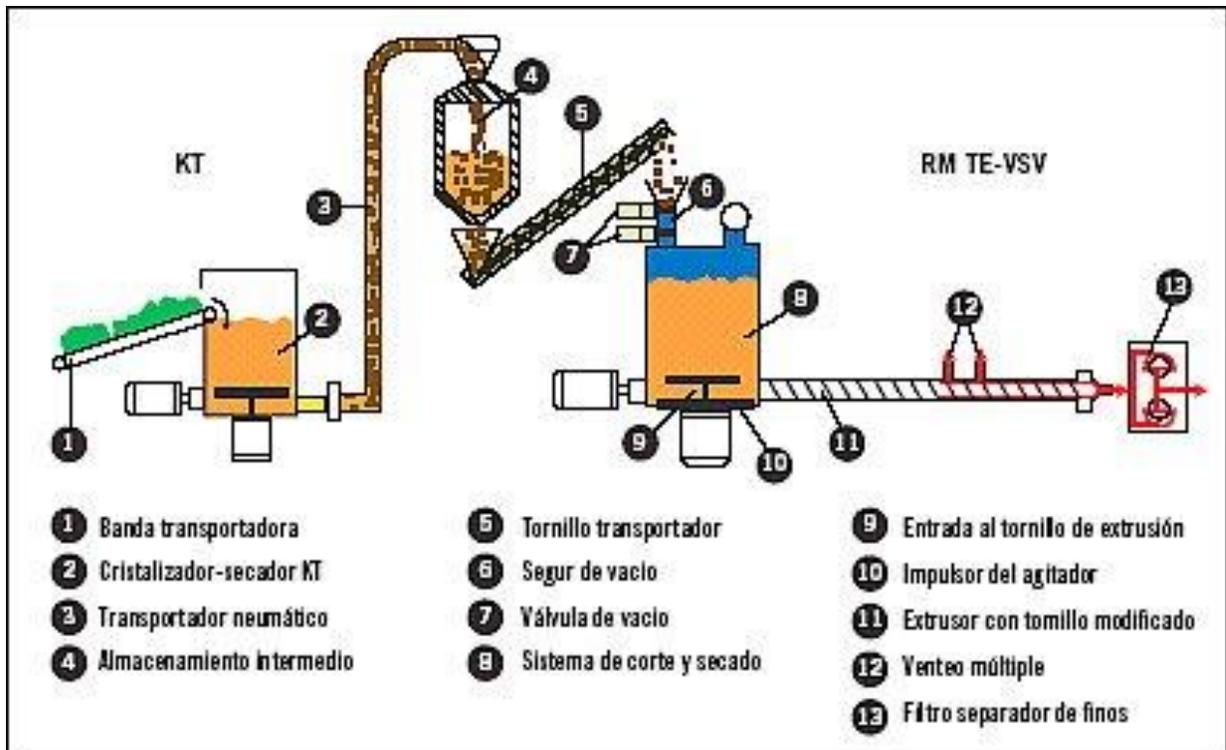


Figura 5.30 Esquema de un sistema de tratamiento físico de reciclaje.

Fuente: (Papaspyrides, 2008)

### PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO PARA EL PLAN DE MANEJO

- Los residuos domésticos peligrosos plásticos, serán susceptibles a ser aprovechados mediante el reciclaje del material plástico.
- Estos serán enviados a la recicladora más cercana como parte de su aprovechamiento posterior a su transferencia.
- Se propondrá la realización de una nueva planta de reciclaje dentro de la Ciudad de México para aprovechar los residuos domésticos peligrosos plásticos.

### DIBASA

La empresa DIBASA S.A. DE C.V se ubica en la Calle Narciso Bassols No 410, Tenango del Valle, Estado de México. México, 52300.

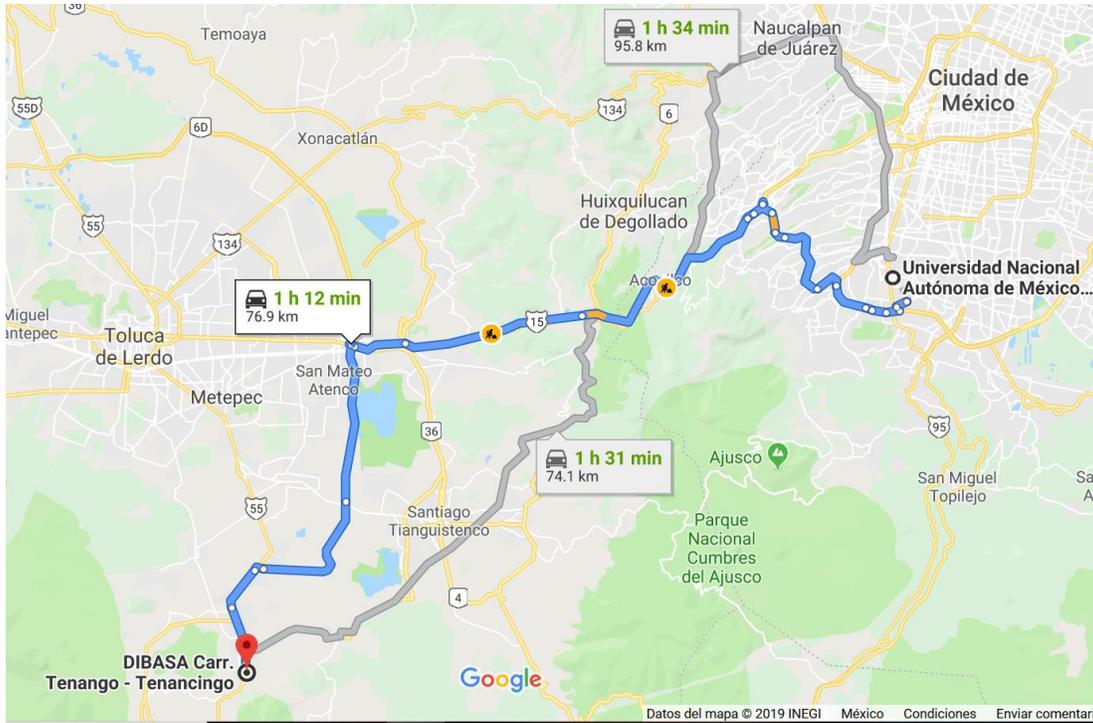


Figura 5.31 Ubicación empresa DIBASA S.A. DE C.V.

Fuente: Google.

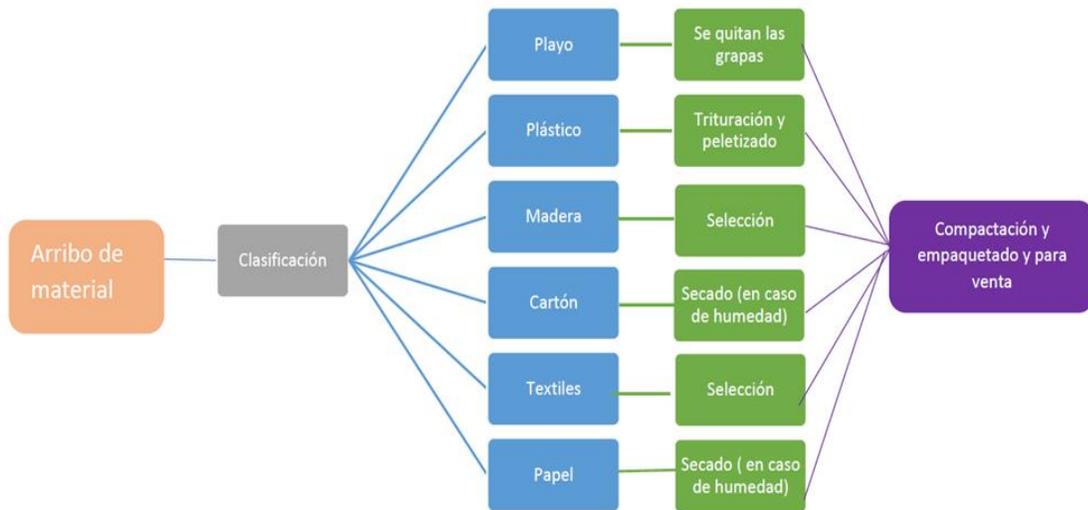


Figura 5.32 Proceso de acopio en la empresa DIBASA S.A. DE C.V.

Fuente: Chávez Jazmín et al. (2019).



Figura 5.33 Identificación y peletizado de PET. DIBASA S.A. DE C.V.  
Fuente: Chávez Jazmín et al. (2019).

## SELECCIÓN DE UN SITIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA NUEVA PLANTA RECICLADORA

- Evaluar la propuesta de la implementación de una planta recicladora como parte del plan de manejo de los RDP, los cuales serán enviados para su aprovechamiento.
- Determinar el sitio propuesto para la construcción. Alcaldía Tláhuac.

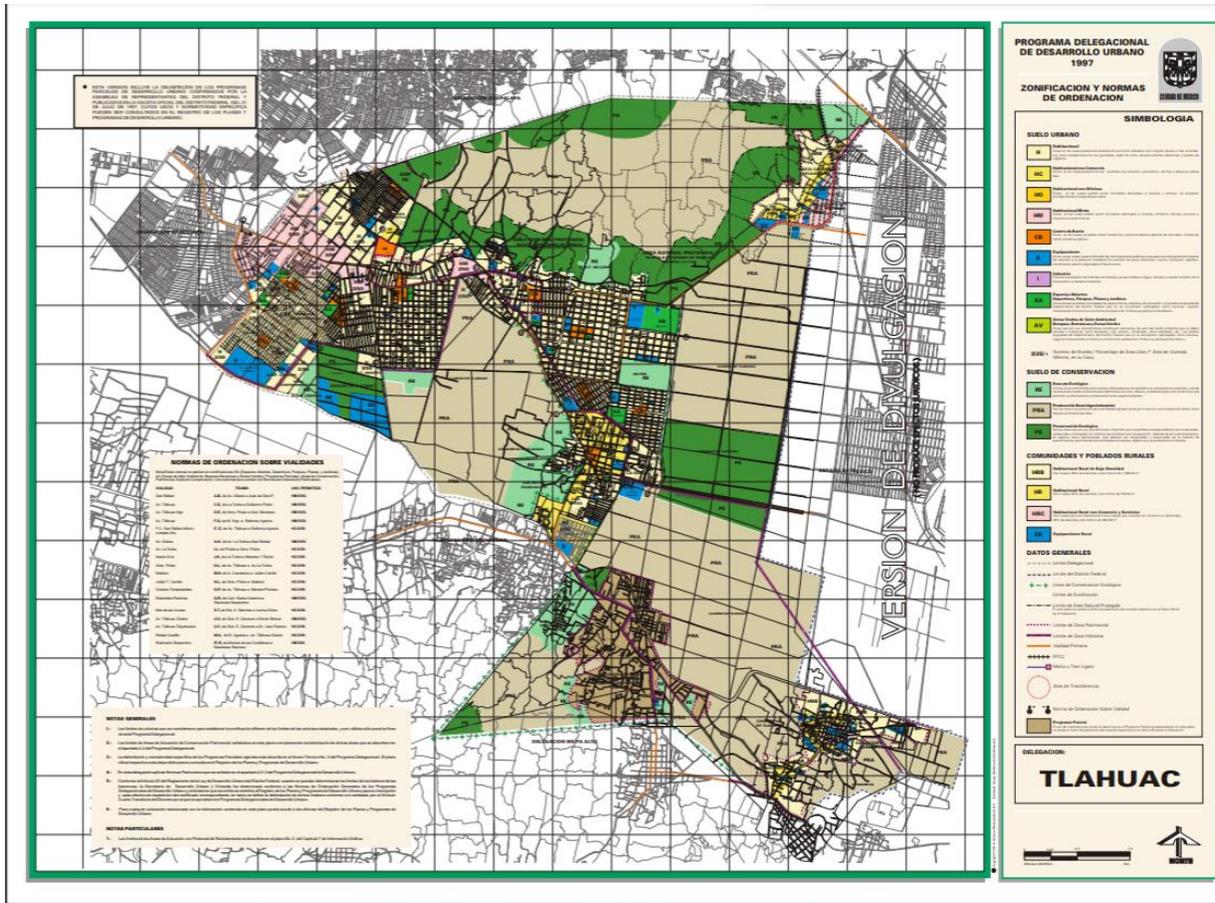


Figura 5.34 Plan de desarrollo alcaldía Tláuac.

Fuente: Google.

### 5.12.3. Experiencias y trabajos internacionales

El manejo de los residuos sólidos como problema ambiental, es llevado a cabo de diferente forma según el país, los planes de manejo de residuos sólidos de otros países no sólo sirven como referencia al momento de implementar nuevos planes en otros lugares, si no que funcionarán como bases sólidas para tomar decisiones que lleven al éxito un nuevo plan de manejo. En la tabla 5.22 se describen las experiencias internacionales sobre los programas implementados para el manejo de residuos domésticos peligrosos.

Tabla 5-22 Experiencias internacionales sobre los programas implementados para el manejo de residuos domésticos peligrosos.

| País                               | Programa                              | Aprovechamiento  | Referencias   |
|------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| EU                                 | Programa local de acopio de RDP (HHW) | Las autoridades locales han implementado programas para informar y educar a la comunidad sobre los Residuos Domésticos Peligrosos (HHW Household Hazardous Waste), resultando en promocionales donde se informa qué productos pueden sustituir los productos que se convierten en desechos peligrosos, y como llevar un manejo adecuado de ellos en el hogar, y en programas de recolección que van desde un día, semana o mes, en un sitio central conveniente. Los RDP son identificados, empaquetados y transportados a un sitio autorizado de residuos peligrosos. | Chemicals in Waste: Household Hazardous Waste<br>Rebecca Slack, Trevor M. School of Geography, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK, Durban 4000, South Africa chapter 13  |
| Países Bajos, Dinamarca y Alemania | Energía a través de los residuos      | Otra ruta de disposición de los RDP es mediante Energy-from-waste (EfW) incineration, la cual provee una alternativa a la eliminación de residuos en tiraderos con menos espacio, con el beneficio de la producción de energía (calor y energía). Los incineradores están fuertemente regulados por la legislación de la EU.   | Chemicals in Waste: Household Hazardous Waste<br>Rebecca Slack, Trevor M. School of Geography, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK, Durban 4000, South Africa chapter 13  |
| EU                                 | RDP                                   | Los RDP (HHW) en los Estados Unidos están exentos de la definición de desechos peligrosos que se proporciona en el Subtítulo C (manejo de residuos peligrosos) de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), pero aún están sujetos a las regulaciones del Subtítulo D (manejo de residuos sólidos) con otros desechos municipales. Sin embargo, si los HHW se mezclan con una pequeña cantidad o con un gran generador de residuos, es posible que se apliquen las normas completas del Subtítulo C referentes a residuos peligrosos.                  | Chemicals in Waste: Household Hazardous Waste<br>Rebecca Slack, Trevor M. School of Geography, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK, Durban 4000, South Africa chapter 13  |
| Australia                          | RDP                                   | La eliminación inadecuada de RDP (HHW) para alcantarillado, drenaje pluvial o vertedero constituye una violación del deber ambiental general de una persona, tal como se describe en la Ley de Protección del Medio Ambiente de 1993. Sin embargo, la recolección por separado no es obligatoria y se utilizan diversos esquemas para alentar a los hogares a eliminar HHW de los MSW generales, muchos de los cuales incluyen responsabilidad extendida del productor y esquemas voluntarios de administración de productos.  | Chemicals in Waste: Household Hazardous Waste<br>Rebecca Slack, Trevor M. School of Geography, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK, Durban 4000, South Africa chapter 13  |
| Sudáfrica y Japón                  | RDP                                   | En Sudáfrica y Japón, por ejemplo, la mayoría de las pautas de eliminación de HHW están restringidas al asesoramiento ofrecido a los propietarios de viviendas.  | Chemicals in Waste: Household Hazardous Waste<br>Rebecca Slack, Trevor M. School of Geography, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK, Durban 4000, South Africa chapter 13  |
| EUROPA                             | RDP (plásticos)                       | Los residuos de plástico pueden quemarse como tales o pueden ser cocidos como una fracción de combustible mixto para su uso en calderas de combustible sólido y plantas de energía. El uso de residuos plásticos como combustible en hornos de cemento y cal se aplica ampliamente (se utiliza como un sustituto parcial del carbón o el coque). La opción de energía es interesante cuando el reciclaje mecánico es económico y ambientalmente costoso (Al-Salem et al. 2010).  | Jan Baeyens, Anke Brems & Raf Dewil (2010) Recovery and recycling of post-consumer waste materials. Part 2. Target wastes (glass beverage bottles, plastics, scrap metal and steel cans, end-of-life tyres, batteries and household hazardous waste), International Journal of Sustainable Engineering, |

Elaboración propia.

Tabla 5-23 Continuación. Experiencias internaciones sobre los programas implementados para el manejo de residuos domésticos peligrosos.

| País      | Programa                      | Aprovechamiento   | Referencias   |
|-----------|-------------------------------|---|---|
| USA       | Pinturas, aceites y solventes | <p>El reciclaje de aceite de motor usado es probablemente la práctica de reciclaje de HHW más antigua y común. Se recolecta en estaciones de servicio automotriz, centros de reciclaje, estaciones de transferencia y rellenos sanitarios. La US EPA ha estimado que aproximadamente la mitad del aceite usado se pone en la basura, se vierte en el suelo o en las alcantarillas. El aceite usado recolectado se puede reciclar fácilmente: se acumula y se puede refinar en aceite lubricante muchas veces con solo pérdidas menores. Refinar el aceite usado toma solo un tercio de la energía requerida para refinar el petróleo crudo. El aceite usado puede, además, ser procesado en gasolina.</p> <p>Los disolventes se agrupan para su almacenamiento y envío, con graneles separados para disolventes clorados y no clorados, así como disolventes polares y no polares. Los disolventes concentrados se procesan y también pueden usarse como combustible suplementario.</p> | <p>Jan Baeyens, Anke Brems &amp; Raf Dewil (2010) Recovery and recycling of post-consumer waste materials. Part 2. Target wastes (glass beverage bottles, plastics, scrap metal and steel cans, end-of-life tyres, batteries and household hazardous waste), International Journal of Sustainable Engineering, 3:4, 232-245. Sustainable engineering.</p> |
| USA       | Pinturas, aceites y solventes | <p>El proceso de reciclaje de pintura de látex es una práctica común, generalmente mediante el reciclaje de baja calidad: la pintura es recogida y reprocesada por un fabricante de pintura en un producto reciclado. Esta pintura se utiliza generalmente para el control de grafiti y otras aplicaciones externas. El reciclaje de alto grado también es posible e involucra el abultamiento de la pintura para reprocesarla en un producto vendible. Sin embargo, parte de la pintura de látex no es reciclable debido a la mala calidad o los componentes peligrosos como el mercurio, el plomo u otros metales pesados.</p>  | <p>Jan Baeyens, Anke Brems &amp; Raf Dewil (2010) Recovery and recycling of post-consumer waste materials. Part 2. Target wastes (glass beverage bottles, plastics, scrap metal and steel cans, end-of-life tyres, batteries and household hazardous waste), International Journal of Sustainable Engineering, 3:4, 232-245. Sustainable engineering.</p> |
| Dinamarca | Plásticos                     | <p>Metso es una empresa industrial líder en el mundo que presta servicios a las industrias de minería, agregados, reciclaje, petróleo, gas, celulosa, papel y procesos. Cuenta con una gama de productos de reciclaje de residuos con trituradoras de la serie K de Metso M&amp;J. Con un diseño optimizado de producción de 5-45 toneladas por hora. Los operadores no necesitan ordenar previamente los desechos que se cargan en la trituradora; esto se traduce en una mayor capacidad con menos mano de obra y menos averías.</p>  |   |

Elaboración propia.

## Alemania

Mediante la realización de una estancia de investigación en Alemania, fueron obtenidos datos de referencia sobre el tratamiento de residuos sólidos en ese país, en donde este aspecto es tomado en cuenta para todos los ámbitos sociales, políticos, ambientales y económicos.

La normatividad alemana se caracteriza por contar con un sistema de separación y recolección eficiente, un aprovechamiento del total de los residuos valorizables. Se espera que para 2030 los depósitos en vertederos sean eliminados, exceptuando el 5% de residuos no valorizable. Hay tres componentes simples que los fabricantes deben tener en cuenta: la evitación de desechos, recuperación de residuos y eliminación ambientalmente compatible.

La política federal para el manejo de residuos tiene como objetivo evitar los residuos es la primera prioridad, ya que anima a las empresas a rediseñar sus procesos de fabricación y envasado. En segundo lugar, los residuos que no se pueden evitar deben ser reciclados o convertidos en energía. Por último, los residuos que no pueden ser recuperados deben ser llevados a disposición final de una manera que sea ambientalmente segura.

En 1991, Alemania aprobó el Decreto de envases, que obliga a todos los fabricantes a recoger y reciclar o reutilizar los envases después de que se dispone de los consumidores.

Hacer las empresas responsables de su embalaje hasta el final de su ciclo de vida de los alienta a que paquete de productos con menos materiales con el fin de minimizar los costes de reciclaje y eliminación.

Los ciudadanos alemanes saben que cuando van de compras a tiendas de comestibles y muchas otras tiendas, se espera que lleven sus propias bolsas de compras reutilizables. Algunas tiendas tienen bolsas de plástico, pero deben ser adquiridos por el consumidor.

Además, las personas pueden regresar ciertas botellas y otros recipientes a la tienda de comestibles o bebidas alcohólicas, donde se han comprado. Para hacer esto, los clientes recibir un descuento en su próxima compra, o volver a un pequeño depósito, por lo general alrededor de 20 centavos por botella. Esto proporciona a los ciudadanos un incentivo monetario pequeñas para reciclar, y también ayuda a las empresas cumplir con sus cuotas de reciclaje. No importa si las botellas están hechas de plástico o de vidrio una persona tiene que pagar un depósito, por lo que al final va a dar a las botellas de vuelta.



Figura 5.35 Máquina recicladora en supermercados EDEKA Alemania.  
Elaboración propia.

El uso de la bioenergía para la producción de calor grandes desafíos, como el desarrollo del mercado y los precios, el suministro seguro de combustible de calidad, la adaptación técnica y las emisiones de partículas. El proyecto “Calor a partir de biomasa local” tiene como objetivo la investigación, el desarrollo y la implementación de tecnologías innovadoras para el suministro de calor utilizando biomasa local de la región fronteriza de Polonia y Alemania, difundiendo modelos de mejores prácticas. El aspecto central de este proyecto es el desarrollo de incineradores de pequeña escala apropiados y modernos para biocombustibles sólidos que podrían permitir aprovechar toda la gama de materias primas domésticas disponibles. Algunas de las materias primas estudiadas en este proyecto son: pasto, álamo, abedul, robinia, aliso, entre otros. Este estudio considera también la utilización de todos los subproductos a lo largo de la cadena de suministro que actualmente pertenece a la categoría de residuos (desde los residuos de la plantación hasta las cenizas). Dentro del laboratorio se encuentran equipos de trituración, peletizadoras por extrusión y bricket por presión. Las pruebas prácticas de la tecnología de combustión para pellets de biomasa mixta se llevan a cabo en calderas de pequeña escala en el rango de 40 kW a 80 kW, que se evalúan a largo plazo en condiciones realistas.



Figura 5.36 Peletizadora utilizada en proyecto de BTU Alemania.

Elaboración propia.

Dentro de las instalaciones de BTU, existen laboratorios dedicados a la recuperación de materiales de residuos electrónicos. Los cuales son triturados y recuperados, con máquinas de extrusión y triturado. Las trituradoras que conforman el laboratorio, se encuentran entre ellos extrusor Venturi.

Como parte de los trabajos de investigación en desarrollo, son la eliminación de óxido de hierro de los ríos cercanos de la comunidad de Cottbus Alemania.

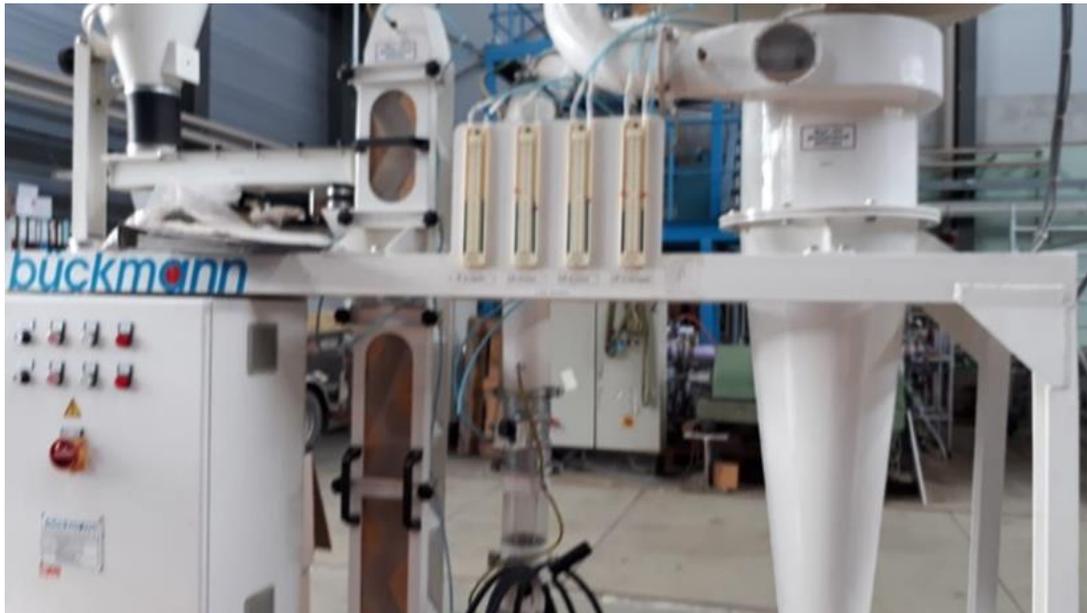


Figura 5.37 Extrusor Venturi BTU Alemania.

Elaboración propia.

La transición energética de Alemania hacia energías renovables tiene como fin en el año 2038 dar fin a la generación de energía a base de carbón con el cierre y desmantelamiento paulatino de centrales.

#### Planta de energía Jänschwalde Cottbus

Es una central térmica en el sureste de Brandeburgo que opera desde hace 37 años, la cual opera a base de lignito roca rica en carbono utilizada como combustible fosil, la cual se obtiene de 4 minas Jänschwalde, Welzow-Süd, Reichwalde y Nochten. El operador de la central eléctrica es Lausitz Energie Kraftwerke AG (LEAG). La capacidad instalada de la planta es de 3,000 Megawatt. La planta de energía consta de seis bloques de 500 MW, cada uno con dos calderas, con dos bloques que forman una unidad. la central eléctrica necesita alrededor de 80,000 toneladas de lignito por día, de los cuales está permitido sustituir el 2% por residuos sólidos municipales. Y gracias a la adición del carbonato de calcio para el proceso de desulfurización como producto se obtiene yeso el cual almacenan dentro de bodegas en la misma planta que es después vendido a otras empresas. Dentro de sus instalaciones como parte del control de las emisiones de gases contaminantes, el gobierno alemán es el encargado de monitorear la calidad de los gases emitidos, por lo que como parte de la captura de CO<sub>2</sub>, la planta empleó como programa piloto entre 2007 y 2008 el método Oxy-fuel y post combustión mediante el uso de amina MEA para capturar la mayor cantidad de CO<sub>2</sub> dentro de la corriente de gases, obteniendo exitosamente hasta un 95% de captura del CO<sub>2</sub>.

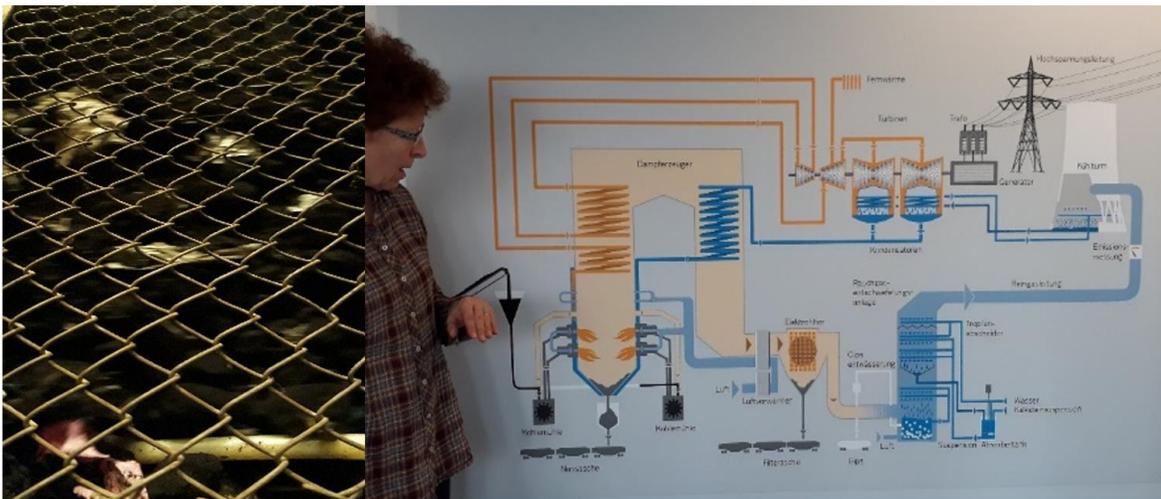


Figura 5.38 Banda transportadora de residuos utilizados para la producción de energía en la planta y su diagrama. Elaboración propia.

### 5.13. TRATAMIENTO

El tratamiento de los residuos domésticos peligrosos consistirá en el proceso de transformación cuyo objetivo será reducir su volumen y disminuir su peligrosidad. Cada proceso de tratamiento producirá otros residuos – emisiones atmosféricas, efluente y residuos sólidos – que requerirán una gestión especial en función de sus características.

Como se muestra en la tabla 5.24 la forma más común para la disposición de residuos peligrosos es el relleno de seguridad. Los costos de este método son relativamente bajos, pero requiere de un diseño apropiado y de control constante de la contaminación, inclusive después de clausurado el relleno. Entre los requisitos para poder construir un relleno de seguridad están la evaluación del suelo y de las características hidrogeológicas del área. En el diseño es necesario incluir materiales aislantes, a fin de prevenir la contaminación del ambiente, principalmente la contaminación de colectores hídricos subterráneos, sean freáticos o artesianos; asimismo, se deben instalar pozos de monitoreo.

Tabla 5-24 Métodos aplicables al tratamiento de residuos sólidos peligrosos.

| MÉTODOS APLICABLES           | OBSERVACIONES  |
|------------------------------|--|
| TRATAMIENTO TÉRMICO          | El tratamiento térmico de residuos peligrosos más utilizado por los diferentes generadores es la incineración.<br>De otra parte, puede aplicarse el co-procesamiento en hornos de clinker de plantas cementeras que viene consolidándose como una forma técnicamente viable de aprovechar y tratar los residuos peligrosos, la cual es ampliamente utilizada en países industrializados y con economías en transición como Estados Unidos. Japón. Alemania, Noruega. Francia. México. Suiza y Chile, (política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos) |
| TRATAMIENTO FÍSICO - QUÍMICO | Otras técnicas aplicables a menor escala son el tratamiento químico (neutralización para soluciones ácidas y básicas principalmente) y físico (rasgado, molido, triturado, encapsulamiento).   |

Fuente: (Vázquez Romegialli, 2014)

En este proceso, se utilizan desde los métodos más simples como: la neutralización de materiales alcalinos o ácidos, la solidificación o encapsulamiento para inmovilizar contaminantes, la utilización de polímeros que descomponen las sustancias tóxicas orgánicas o la incineración a temperaturas muy elevadas.

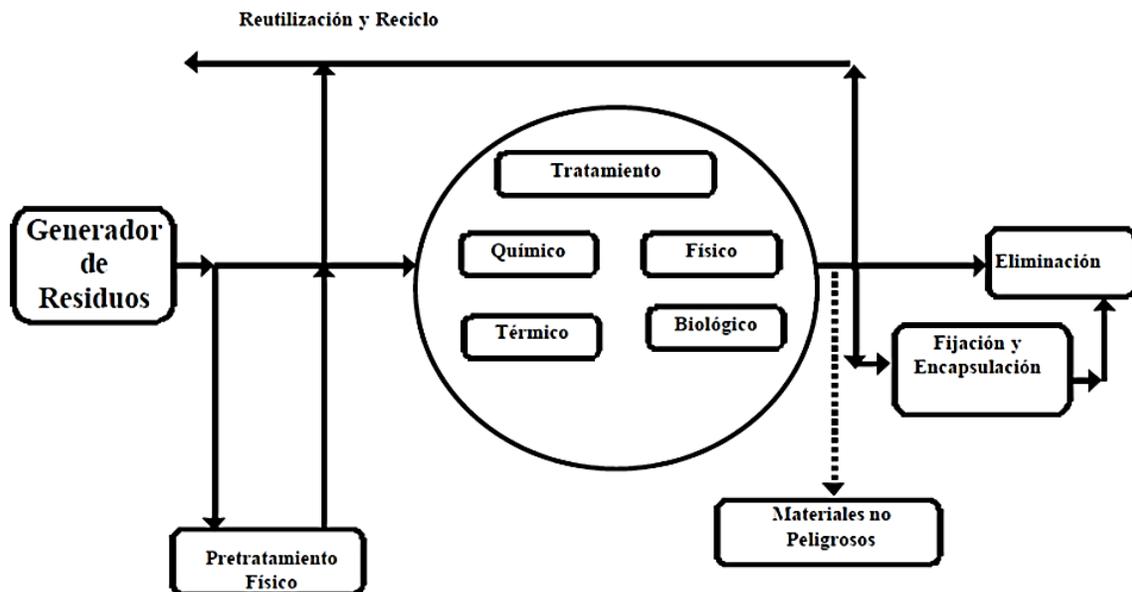


Figura 5.39 Sistema de tratamiento de residuos.  
Fuente: (Blacksmith Institute y Green Cross, 2012)

La incineración es un proceso de tratamiento que se utiliza cada vez más con el fin de destruir una gama de residuos líquidos, semisólidos y sólidos. Es la mejor opción para el tratamiento de residuos altamente persistentes, tóxicos e inflamables, como es el caso de plaguicidas, solventes, aceites no recuperables y diversos productos farmacéuticos.

Los incineradores de residuos necesitan de equipos de control de emisiones gaseosas, en función al tipo y toxicidad de los residuos a ser incinerados, lo que encarece considerablemente su instalación. Por eso su uso se vuelve bastante limitado.

### 5.13.1. Impacto ambiental

El impacto ambiental ocasionado durante el proceso de acondicionamiento de residuos plásticos depende principalmente del tipo, calidad y procedencia del residuo recuperado, teniendo como principal afectación la del recurso hídrico, debido a que durante el lavado de los residuos plásticos se pueden concentrar en los vertimientos diversas sustancias residuales contaminantes. Como ejemplos comunes de tales sustancias pueden encontrarse compuestos organofosforados, clorofenacéticos y derivados de la urea, entre otros, debido al contacto con fertilizantes, herbicidas y plaguicidas cuando el plástico proviene de cultivos agrícolas (flores, banano, etc); grasas y ácido láctico en el caso que el

plástico provenga de productos alimenticios; aceites y lubricantes si provienen de envases de lubricantes, etc.

A continuación, se resumen los impactos más comunes generados en el proceso de acondicionamiento de los residuos plásticos para reciclaje.

a. Sobre los recursos naturales: los vertimientos resultantes del lavado de plásticos si no son tratados adecuadamente contaminan los efluentes y deterioran el agua subterránea y superficial.

b. Sobre la salud humana: los altos niveles de presión sonora (ruido), provenientes de equipos como aglutinadores, tronzadores, secadoras y molinos, afectan a las personas que intervienen en el proceso de no utilizarse la adecuada protección auditiva. También originan molestias a las comunidades vecinas.

c. Sobre el suelo: la contaminación urbana por residuos sólidos, provenientes de la selección y limpieza, que no hayan sido adecuadamente recogidos y dispuestos, afecta el espacio público y sirve de nido a vectores.

En cuanto al manejo de las emisiones atmosféricas y del ruido en el proceso de acondicionamiento del material plástico aprovechable, dadas las características mecánicas de algunos equipos de procesamiento usados, se pueden tener altos niveles de ruido al interior de estos centros y en algunas ocasiones en su vecindario, lo que puede ocasionar molestias con la comunidad y los trabajadores. Se recomienda la instalación de dichos equipos críticos en zonas aisladas y con barreras acústicas o paredes dobles (con aislamiento intermedio de "poliestireno expandido" u otro material anti-ruido).

En relación con las emisiones atmosféricas, las diferentes etapas del proceso de acondicionamiento de residuos plásticos no generan gases contaminantes, ni material sólido en forma de finos. En caso de que se tenga un proceso final de peletizado, se pueden generar gases y vapor de agua asociados a la fusión del plástico en la extrusora/peletizadora y las cuales se controlan básicamente con una ventilación apropiada.

Igualmente debe considerarse que, dependiendo del grado de descomposición de la materia orgánica, mezclada con los residuos plásticos, pueden generarse olores desagradables, en especial cuando se procesan bolsas de leche o envases de productos lácteos, para lo cual también se recomienda una adecuada ventilación y circulación de aire fresco dentro de las instalaciones.

Es necesario considerar el efecto particular que cada una de las etapas del acondicionamiento de residuos plásticos tiene sobre el agua, aire, suelo, la flora y fauna, así como en la salud.

La Tabla 5.25 muestra las principales etapas del proceso de acondicionamiento de residuos plásticos para un posterior reciclaje mecánico y la valoración del impacto ambiental generado durante el mismo.

Tabla 5-25 Valoración de impactos - acondicionamiento de plásticos.

| Etapa                         |                              | Recolección    | Selección y clasificación   | Eliminación de materiales ajenos                         | Tronzado molido y/o aglutinado (ver nota 1) | Lavado  | Secado                        | Peletizado                 |
|-------------------------------|------------------------------|----------------|---|--|---|---|-------------------------------|----------------------------|
| <b>Medio afectado</b>         | <b>Residuo</b>               | <b>Ninguno</b> | <b>Resinas plásticas no recuperables o altamente contaminadas</b> | <b>Palpel, cartón, vidrio, textiles, metales, madera</b> | <b>Olor, ruido</b>                          | <b>Aguas residuales con sólidos sedimentables, carga orgánica</b> | <b>Vapor de agua, olores.</b> | <b>Producto defectuoso</b> |
| <b>Atmósfera</b>              | Calidad de aire              | NULO           | NULO  | NULO   | NULO  | NULO  | NULO                          | NULO                       |
|                               | Ruido                        | NULO           | NULO  | NULO   | ALTO  | NULO  | ALTO                          | BAJO                       |
|                               | Olores                       | MUY BAJO       | MUY BAJO  | MUY BAJO   | MODERADO                                    | MUY BAJO  | MODERADO                      | MUY BAJO                   |
| <b>Agua</b>                   | Superficial                  | MUY BAJO       | NULO  | MUY ALTO   | NULO  | MUY ALTO  | NULO                          | MUY BAJO                   |
|                               | Subterráneas                 | MUY BAJO       | NULO  | BAJO   | NULO  | MODERADO  | NULO                          | NULO                       |
| <b>Suelo</b>                  | Uso del suelo                | MODERADO       | BAJO  | NULO   | NULO  | NULO  | NULO                          | NULO                       |
|                               | Invasión del espacio público | ALTO           | MODERADO  | BAJO   | NULO  | NULO  | NULO                          | NULO                       |
| <b>Efectos sobre la salud</b> | Enfermedades respiratorias   | BAJO           | NULO  | NULO   | NULO  | NULO  | NULO                          | NULO                       |
|                               | Enfermedades de la piel      | MODERADO       | BAJO  | BAJO   | NULO  | NULO  | NULO                          | NULO                       |
|                               | Enfermedades auditivas       | NULO           | NULO  | NULO   | MODERADO                                    | NULO  | BAJO                          | BAJO                       |

Fuente (ACIPLAST, 2014)

Otras actividades que involucran buenas prácticas de manufactura y reducen el impacto ambiental durante el proceso de recolección y acondicionamiento de los residuos plásticos son:

a. Administración de inventarios. En este campo se recomienda comprar las materias primas de acuerdo con el espacio físico disponible en el centro de recolección y acondicionamiento, teniendo cuidado de consumir el material de acuerdo con su orden de llegada con el fin de minimizar la degradación de los agentes contaminantes acompañantes de los residuos plásticos, reduciendo olores indeseables.

b. Almacenamiento y manipulación de materiales. La correcta manipulación de materiales y el uso adecuado de implementos de seguridad personal, como guantes, gafas y overoles, evitan heridas de alto riesgo. Un trabajador que tenga heridas en las manos o que sufra una cortadura durante el proceso, corre el riesgo potencial de ser infectado debido al grado de exposición que se tiene con materia orgánica en descomposición, así como de otros agentes patógenos. Es preciso que se comprenda el peligro de contraer una infección, tétano, gangrena u otra enfermedad y deben conocerse los métodos para prevenir estos riesgos ocupacionales. Por lo tanto, se debe disponer de un botiquín de primeros auxilios para iniciar de inmediato el proceso curativo, desinfectando de manera inmediata con yodo o mercurio-cromo las heridas que se causen en el proceso o que les ocurran a los operarios. En este punto también se recomienda el uso de instalaciones bien iluminadas y ventiladas

libres de obstáculos para facilitar el manejo y transporte de materiales, con abastecimiento de agua potable (en caso contrario, el agua debe hervirse y desinfectarse con cloro) para la correcta higiene de los operarios, antes y después de su jornada de trabajo, utilizando desinfectantes y limpiadores de baja carga residual.

### **5.13.2. Posibles beneficios en el aprovechamiento de los residuos**

#### **BENEFICIOS GENERALES**

Las medidas implementadas en función de la prevención de la contaminación tienen claros beneficios económicos en términos de contaminación que no es generada, reducciones en el uso de materiales tóxicos, ahorro de energía y materias primas. A continuación, se presentan consideraciones a tomar en cuenta para la evaluación de costos y beneficios para la minimización de residuos domésticos peligrosos.

#### **a) Beneficios**

- Ahorro de materias primas
- Ahorro en energía
- Ahorro en manejo y/o tratamiento de residuos que pueden ser reducidas o eliminadas
- Ahorro en disposición de residuos que puedan ser reducidos o eliminados
- Disminución de costos directos e indirectos debido al no cumplimiento de estándares ambientales: multas, cierre de planta, pérdida de clientes, incremento de pólizas de seguros
- Recuperación y/o comercialización de subproductos
- Imagen de la empresa

#### **b) Costos**

- Requerimientos de inversión para el mejoramiento ambiental: reemplazo de unidades ineficientes, nuevos sistemas de control de procesos, modificaciones al proceso, nuevas líneas, etc.
- Costos de operación asociados a mejoramiento ambiental: incremento en el costo de materias primas o insumos con menor potencial impacto
- Mantención de un sistema de gestión ambiental

### c) Costos sociales

- Los costos sociales incluyen los costos (o beneficios) privados y las externalidades al proyecto. Las externalidades consideran los costos (o beneficios) derivados del proyecto que afectan a la comunidad, el Estado u otros. Por ejemplo, las emisiones gaseosas de una empresa que afecten negativamente la calidad del aire representan un costo externo que recae sobre las personas afectadas por ese deterioro ambiental. Si la empresa invierte en un sistema de control de emisiones, se reduce el costo externo y se incrementa el costo privado.
- El valor potencial del proyecto de minimización de residuos está basado en ahorros en las siguientes áreas:
  - Costos de materias primas
  - Costos de mano de obra, servicios y mantenimiento.
  - Obtención de ganancias por la creación de productos comercializables
  - Costos de disposición de residuos
  - Impuestos o costos por generación por cada unidad de residuo
  - Costos de transporte de residuos
  - Costo de almacenamiento y manejo
  - Costos de tratamiento antes de la disposición
  - Costos de permisos, informes y estadísticas
  - Responsabilidades en seguridad y contaminación

### BENEFICIOS DEL APROVECHAMIENTO DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS COMO COMBUSTIBLES ALTERNOS

El beneficio más directo es la energía contenida en los combustibles alternativos, que se utiliza en las plantas de cemento y sustituye al combustible fósil (Murray. Price, 2008).

Un beneficio de mayor impacto en la sustitución de los combustibles por otros alternos supone un contenido de carbono menor que los combustibles fósiles, y dado que para la fabricación de Clinker es necesario el CaO, éste puede provenir de las materias primas alternativas. (Van Oss, 2005). La sustitución de los combustibles fósiles supone una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que es una estrategia de impacto global para reducción del volumen de residuos sólidos en un relleno sanitario. (EA, 1999b; CEMBUREAU et al ., 2009).

“De este modo, se reduce la dependencia de los combustibles fósiles y se generan ahorros a través de la conservación de los recursos. La demanda de combustibles fósiles eliminados en esta forma depende, entre los factores, del poder calorífico y del contenido de agua del combustible alternativo. El uso de materiales alternativos para sustituir las materias primas tradicionales reduce la explotación de los recursos naturales y la huella ambiental de estas actividades” (WBCSD, 2005; CEMBUREAU et al., 2009).

Un cálculo directo con valores de producción relativos a la planta de Balsa Nova, Paraná, brinda una idea aproximada de lo que potencialmente es el co-procesamiento de una fábrica para producir cemento Portland. Tomando como ejemplo el cálculo de un reemplazo del 15% del combustible (coque de petróleo) para residuos industriales tendrá los valores que se muestran en la Tabla 5.26.

Tabla 5-26 Evaluación de los ahorros generados por el reemplazamiento del 15% de combustible fósil por combustibles provenientes de residuos sólidos.

| Descripción  | Unidades                 | Valor     |
|--|--------------------------|-----------|
| Producción anual de cemento  | Ton                      | 1,500,000 |
| Días de funcionamiento del horno   | Días/años                | 330       |
| Producción diaria de Clinker   | Ton                      | 4,545     |
| Energía gastada/Kg Clinker   | Kcal (MJ)                | 800       |
|  | 10 <sup>9</sup> Kcal/día |           |
| Energía requerida diaria   | 10 <sup>6</sup> MJ/día   | 3.6       |
| Valor calorífico mínimo del coque de petróleo                            | Kcal/kg (MJ)             | 8,200     |
| Consumo diario de combustible  | Ton/día                  | 443,459   |
| Ahorro diario de combustible por sustitución de coque por residuos (15%) | Ton/día                  | 70.29     |
|  |                          | 66.52     |
| Costo del coque de petróleo  | US\$/Ton                 | 61        |
| Ahorro diario de combustible (coque)                                     | US\$/día                 | 4,287.69  |
| Ahorro anual de combustible  | US\$/año                 | 1,414,938 |

Fuente: (Queiroz et al; 2012).

Además, siguiendo el mismo razonamiento, la sustitución del 15% de 3.63 billones de kcal/día es equivalente a 545.45 millones de kcal / día. Si se utiliza un residuo con un valor calorífico inferior de 3,000 kcal / kg, se necesitarían 181.8 Ton de residuos por día. Suponiendo que la fábrica cobra una tarifa de 100.00 US \$/t de residuos incinerados, los ingresos diarios serían de US \$ 18,180.00 y los US \$ 5,999,400.00 anuales. Así, sumando la

economía de los combustibles fósiles y los ingresos por la quema de desechos, que involucran estos valores hipotéticos, el co-procesamiento en un horno alcanza la cantidad de US \$ 7,414,337.70 por año. Y habría quemado 59,994 t de residuos durante un año. (Queiroz, et al; 2012).

En el caso de las llantas gastadas, se estima que una tonelada de neumáticos puede ahorrar 0.7 toneladas de combustible. Dependiendo del tipo de sistema de horno, los combustibles alternativos pueden sustituir los combustibles fósiles hasta en un 25% sin mayores problemas importantes asociados con el proceso de cocción del Clinker y con la calidad. En el caso de los neumáticos, la sustitución suele ser del 16%.

#### REEMPLAZO DE COMBUSTIBLES FÓSILES POR COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS CDR

Conociendo las capacidades caloríficas por kilogramo de residuo que se obtiene, se puede mencionar como lo indica la siguiente Tabla 5.27, la comparación entre las capacidades caloríficas de los residuos de interés.

Tabla 5-27 Capacidad caloríficas de materiales utilizados como combustibles.

| <b>Capacidad Calorífica MJ/Kg</b> |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Tipo de residuo</b>            | <b>Residuos secos sin humedad</b> |
| <b>Plásticos mezclados</b>        | 33.4                              |
| <b>Polietileno</b>                | 43.4                              |
| <b>Poliestireno</b>               | 38.1                              |
| <b>Poliuretano</b>                | 26                                |
| <b>PVC</b>                        | 22.5                              |
| <b>Coque</b>                      | 29.3                              |
| <b>Gasóleo</b>                    | 42.3                              |
| <b>Queroseno</b>                  | 43.4                              |
| <b>Butano</b>                     | 49.7                              |
| <b>Gas natural</b>                | 44.0                              |
| <b>Coque de petróleo</b>          | 34.1                              |

Fuente: (Van Loo, et al. 2009)

La cantidad necesaria de residuos plásticos que se necesitan para sustituir 1kg de combustible gasóleo es de 1.27 kg, lo que supone un aumento de 270 g a diferencia del combustible gasóleo, en el caso del gas natural, se necesitan 1.32 kg de residuos plásticos para sustituirlo.

La producción de cemento consume inherentemente grandes cantidades de materias primas y de energía. Por ejemplo, una planta de cemento vía seca necesita 1,600,000 toneladas de materias primas y 150,000 toneladas de combustibles (en equivalente a carbón de alta calidad) para producir anualmente 1 Mt de Clinker de cemento Portland. Por ejemplo, en la UE a 25, y en Suiza, Noruega y países candidatos (Bulgaria, Rumania y Turquía), se consumieron en el año 2002 375 Mt de materias primas y 30 Mt de combustibles para producir 267 Mt de cemento. El cual equivale a la utilización de 0.113 Ton de combustibles para la producción de 1 Ton de cemento. (Lorea & Van loo, 2009)

Utilizando los residuos plásticos con un aprovechamiento de 1.27 kg, sustituyendo el combustible gasóleo, para producir 1 Ton de cemento en una planta de cemento como la de los países antes mencionados, se requerirían 0.136 Ton de residuos plásticos para la producción de 1 Ton de cemento.

#### 5.14. DISPOSICIÓN FINAL

Como se muestra en la Tabla 5.28 La forma más común para la disposición de residuos peligrosos es el relleno de seguridad. Los costos de este método son relativamente bajos, pero requiere de un diseño apropiado y de control constante de la contaminación, inclusive después de clausurado el relleno.

Tabla 5-28 Capacidad caloríficas de materiales utilizados como combustibles.

|   |   |
|---|---|
| <b>DISPOSICIÓN EN RELLENOS DE SEGURIDAD</b> | Consiste básicamente en una o varias celdas de disposición final y un conjunto de elementos de infraestructura para la recepción y acondicionamiento de residuos, así como para el control de ingreso y evaluación de su funcionamiento.  |
|   | Debe contar como mínimo con los siguientes elementos: Sistema de impermeabilización de base y taludes de doble barrera. Sistema de captación, conducción y tratamiento de lixiviados. Sistema de detección de pérdidas. Sistema de captación y conducción de gases. Elementos de control de ingreso de agua de lluvia por escurrimiento. Sistemas de impermeabilización para la clausura. Cada relleno debe contar con criterios de aceptación de residuos en base a las características de las celdas y la compatibilidad de los residuos recibidos. |

Fuente: (SDA BOGOTÁ, 2011)

La disposición final de los residuos tendrá como objetivo el confinamiento de estos, minimizando las liberaciones de contaminantes. En el caso de residuos peligrosos lo más común serán el confinamiento en rellenos de seguridad. Esta tecnología consiste en la disposición en el suelo utilizando obras civiles especialmente diseñadas.

Los residuos que por sus características no pudieron reincorporarse a procesos productivos son enviados a Rellenos Sanitarios, que son obras de infraestructura que aplican métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos, minimizando con ello los riesgos por contaminación al ambiente y a la salud.

La Ciudad de México dispone del servicio de cuatro rellenos sanitarios ubicados en el Estado de México: Chicoloapan, Cuautitlán, Milagro y Cañada, y uno en Morelos: Cuautla.



Figura 5.40 Relleno Sanitario "La Perseverancia" Cuautla Morelos.

Fuente: SDS 2018.

## 5.15. MECANISMOS DE OPERACIÓN, CONTROL Y MONITOREO

Para dar seguimiento al plan de manejo es necesario llevar a cabo su evaluación. Es importante tomar en cuenta los siguientes instrumentos para su evaluación, operación y control como se muestra en la Tabla 5.2

### 5.15.1. Operación y control

Tabla 5-29 Difusión y promoción del PM-RDP.

| OBJETIVOS ESPECIFICOS                             | ESTRATEGIAS APLICABLES   |  |  |
|---|--|--|--|
|   | DEFINICION   | PAUTAS   | OBSERVACION  |
| PREVENCION Y MINIMIZACION EN LA GENERACION DE RDP | Prevención en la generación de RDP a través de la promoción e implementación de estrategias de producción más limpia.        | Los sectores identificados de alta generación de RDP   | Se identificarán los sectores de alta generación a través de la observación estratificada entregada por el municipio   |
|   |  | La reducción de la generación de los residuos de características toxica y aquellos de difícil manejo | Se planteará documentos de información para identificar los residuos de características toxicas y de difícil manejo en los residuos domiciliarios de la CDMX.  |
|   | Reducción de la generación de RDP en la fuente, mediante la formación e implementación de planes de gestión integral de RDP. | Desarrollo de acciones por parte del generador   | Se identificará las condiciones de la población diagnosticada para establecer acciones de mejora del manejo de residuos domiciliarios.   |
|   |  | Adopción de compromisos orientados a la prevención y reducción en generación de residuos peligrosos. | Se debe establecer incentivos económicos para que a población sienta la necesidad de prevenir y disminuir el uso de residuos peligrosos domiciliarios.   |
|   |  | Formulación de planes para promover la gestión integral de residuos peligrosos                       | Los generadores podrán acogerse a los programas desarrollados por las empresas de gestión externa, alentados al manejo integral de residuos peligroso incluyendo las actividades de recolección, transporte y disposición final. |
| Promoción del aprovechamiento y valorización RDP  | Desarrollo de instrumentos que facilitan el acceso a tecnologías de aprovechamiento viables                                  |  |  |

Adaptado de: (CMIC, 2016)

Tabla 5-30 Difusión y promoción del PM-RDP, continuación.

| OBJETIVOS ESPECIFICOS                                | ESTRATEGIAS APLICABLES  |  |  |
|--|---|--|--|
|  | DEFINICION  | PAUTAS   | OBSERVACION  |
| PROMOVER LA GESTION Y EL MANEJO DE LOS RDP GENERADOS | Gestión de RDP derivados del consumo masivo de productos con características peligrosas | Alternativas relacionadas con separación en la fuente, acopio, recolección. comercialización y adopción de tecnología de aprovechamiento orientado a un entorno social. económico y ambientalmente viable<br>Acciones encaminadas a los cambios de patrones de consumo en todos los niveles de la sociedad | Esta estrategia es el primer avance que se ha realizado con el manejo de residuos peligrosos domiciliarios, aunque hay que enfocar la estrategia inicialmente a la identificación y caracterización de residuos peligrosos, con el fin de proponer alternativas técnicas y tecnológicas viables.<br>Es importante establecer acciones y estrategias en las viviendas para cambiar hábitos de consumo |

Adaptado de: (CMIC, 2016)

### 5.15.2. Monitoreo

#### AUDITORÍA DE MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS

Un procedimiento que puede ayudar a vencer alguna de las barreras mencionadas es la Auditoría de Minimización de Residuos. Los objetivos de la auditoría son:

- Generar un listado de medidas de minimización u opciones aplicables a una alcaldía.
- Efectuar un ordenamiento de todas las opciones de reducción de residuos identificables y permitir un análisis más profundo de estas opciones.

Una auditoría de minimización de residuos puede contemplar los siguientes pasos:

- Selección del personal auditor;
- Listado de flujos de residuos;
- Generación de opciones de reducción para cada flujo de residuos;
- Ordenamiento de cada opción de reducción en tres categorías: efectividad, aplicación potencial y usos;
- Preparación de documentación sobre opciones seleccionadas;
- Presentación, discusión y revisión con personal de planta de las opciones y su ordenamiento;
- Análisis por personal auditor de las opciones y preparación del informe final.

## 5.16. PARTICIPANTES DEL PLAN Y SU ACTIVIDAD

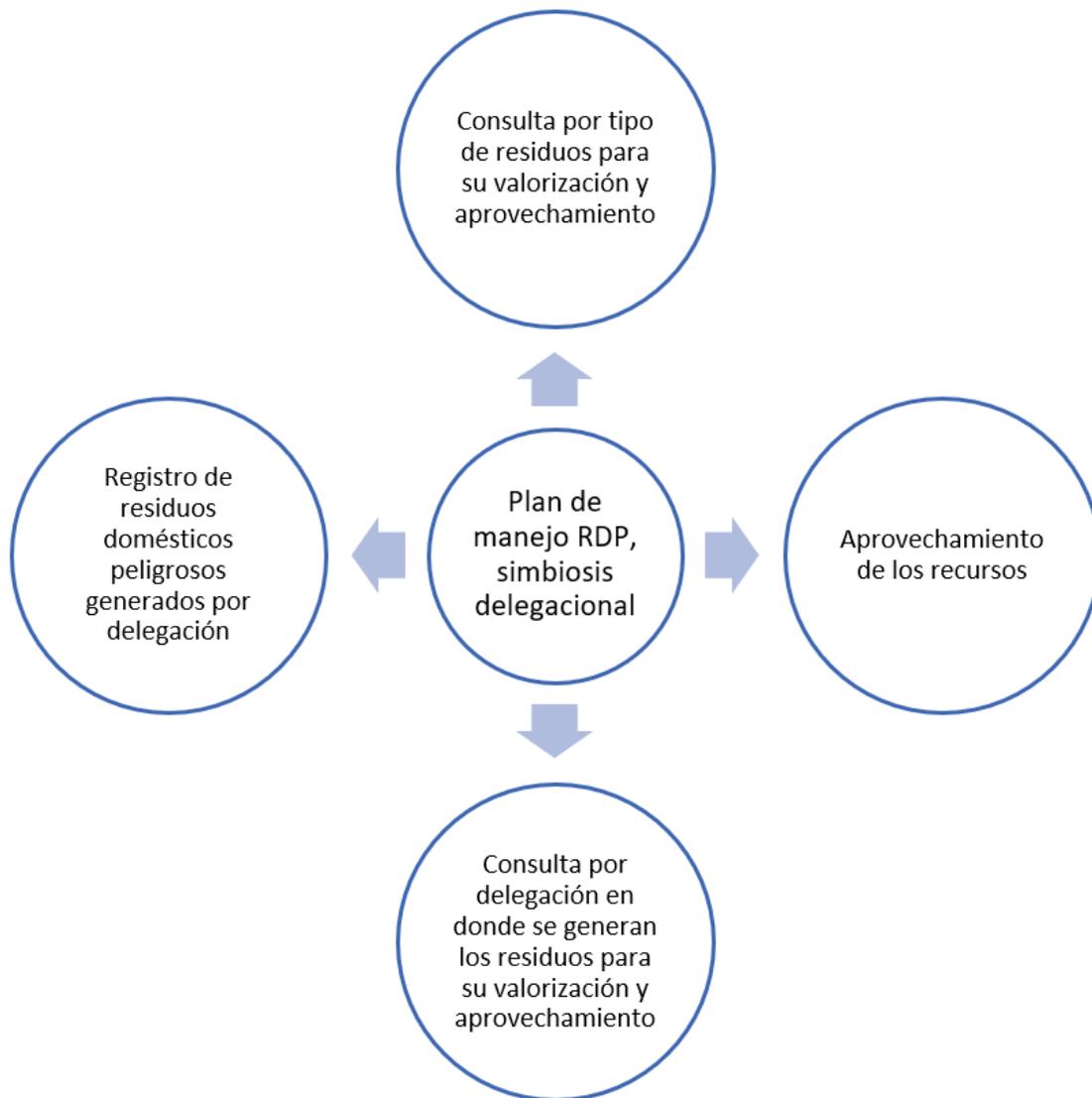


Figura 5.41 Simbiosis para el reúso y reciclaje de los residuos domésticos peligrosos.  
Elaboración propia.

## 5.17. MECANISMOS DE DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN CON LOS GENERADORES Y PRODUCTORES

Las campañas de difusión estarán destinadas para informar, sensibilizar y concientizar a los locatarios, personal de limpieza, administración y la población en general para conseguir

su colaboración a modificar los hábitos del manejo integral de residuos para su propio beneficio.

Los mecanismos de difusión de información a los ciudadanos acerca de la separación correcta, los días de recolección, la forma correcta de almacenamiento, serán llevados a cabo mediante:

- Anuncios en radio
- Anuncios en televisión
- Anuncios en escuelas y oficinas
- Anuncios en espacios públicos como: paradas de autobuses, anuncios en puestos de revistas y periódicos
- Anuncios en periódicos de difusión masiva en la Ciudad
- Carteles en las oficinas gubernamentales



Figura 5.42 Ejemplo de difusión de la gestión correcta de los RDP en la CDMX.

Fuente: (SEDEMA, 2016)

## 5.18. ELEMENTOS ADICIONALES

Las estrategias requeridas para difundir y comunicar a los consumidores y realizar la difusión del plan de manejo propuesto, se presentan en este apartado.

### 5.18.1. Estrategias para difundir y comunicar a los consumidores

Las estrategias como alternativas pueden ser desde difusión a través de publicaciones, cuadernillos, donde sea mencionado cuestiones básicas de la gestión de los residuos de domésticos peligrosos, comenzando con algo que cause alerta que esos residuos requieren de un cuidado especial, sin embargo, que no sea alarmante.

Por otro lado, mencionar que está contemplado en la legislación la cual establece la implementación de planes de manejo y que los ciudadanos son parte importante para que se lleven a cabo estos.

Tabla 5-31 Difusión y promoción del PM-RDP de la CDMX.

| Estrategias  | Metas   | Responsables                                    |
|--|---|---|
| <b>Reuniones con los líderes de organizaciones nacionales y estatales (actores involucrados), para dar a conocer la normatividad y la aplicabilidad del PM-RDP</b> | Incluir en la agenda el tema del PM-RDP en por lo menos dos reuniones con la cadena de valor de la Industria del reciclaje y aprovechamiento.   | SEDEMA  |
|  | Incluir en la agenda el tema del PM-RDP en por lo menos tres reuniones con presidentes de alcaldías de la CDMX  | SEDEMA  |
|  | Realizar por lo menos tres foros de consultas regionales y/o nacionales, para valorar y obtener retroalimentación del PM-RDP  | SEDEMA  |
|  | En 5 reuniones con funcionarios del Gobierno Federal, poner en la mesa el tema del PM-RDP, para sensibilizar sobre su importancia, aplicación y monitoreo.                                    | SEDEMA  |
| <b>Gestión mediática, empleando los medios que estén al alcance de la alcaldía y la SEDEMA</b>   | Hacer uso de medios de comunicación masiva en por lo menos 6 conceptos: Twitter, punto de agenda en 2 Conferencias de prensa, Revista, Boletín electrónico, correos electrónicos, página web. | SEDEMA en el alcance que considere conveniente. |
|  | Se aplicará una consulta permanente para la evaluación del PM-RDP, a través de su publicación en el sitio WEB de la alcaldía y la SEDEMA.   | SEDEMA  |
|  | Participación en la evaluación del PM-RDP.  | Empresas de aprovechamiento y recicladoras      |

Adaptado de: (CMIC, 2016)

## CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

En seguida se presentan las principales conclusiones de este trabajo de investigación, así como recomendaciones para llevar a cabo estudios de generación en otros sectores y medios socioeconómicos.

Con respecto a la revisión bibliográfica llevada a cabo para la formulación del capítulo del marco teórico y antecedentes, se identificó que en México la información relacionada con Planes de Manejo de residuos domésticos peligrosos es casi inexistente. Por otro lado, en el contexto internacional, Europa, Estados Unidos y Asia han obtenido logros importantes en materia de gestión integral de residuos a partir de políticas, programas y tecnologías.

Fue determinada la composición y tasas de generación de residuos domésticos peligrosos en una Unidad Habitacional de clase media a partir de estudios de generación, los cuales constituyeron la parte medular para establecer estrategias contenidas en el Plan de Manejo.

La tasa de generación media de residuos domésticos peligrosos en el estudio realizado fue del 5% de los cuales en mayor volumen fueron los residuos de mantenimiento de hogar en un 53% del total de los RDP.

Con base en el análisis del estudio de generación en la Unidad Habitacional, se identificó la falta de observancia en la legislación ambiental local en materia de residuos por parte del personal que labora en las instalaciones y la falta de vigilancia por las autoridades competentes.

Los resultados obtenidos en los cuestionarios aplicados en los departamentos dentro de la Unidad Habitacional revelaron que se cuenta con prácticas inadecuadas en el manejo de RDP por parte de los condóminos (sobre todo en la etapa de almacenamiento dentro de las instalaciones de la Unidad) como también al momento de practicar la separación debido al desconocimiento de hacerlo de la manera correcta y conforme a la norma NADF-024-ambt-2013.

Se propuso un plan de manejo de residuos domésticos peligrosos de acuerdo con la generación total estimada por alcaldía, para hacer una recolección diferenciada se requieren 267 vehículos recolectores los cuales darán servicio a lo largo de la semana, esto con el fin de realizar un esfuerzo para contribuir a mejores prácticas de manejo y apoyar a los gobiernos a reducir el problema de contaminación.

Para el aprovechamiento de los RDP se tiene inicialmente la opción de utilizar los envases plásticos remanentes de los productos de mantenimiento del hogar como fuente calorífica, así como aquellos susceptibles al reciclaje del material plástico.

Como propuesta de aprovechamiento de fuente calorífica estos residuos pueden ser enviados particularmente al relleno sanitario RESA en Puebla el cual cuenta con una planta automatizada construida en convenio con CEMEX con la finalidad de obtener aquellos residuos valorizables térmicamente los cuales utilizará como combustible en sus procesos de producción de cemento. Así como también pueden ser enviados a la Planta de Cementos Moctezuma ubicada en el Estado de Morelos a 102 km de distancia. Y en el futuro se enviarán a las dos plantas ubicadas en el estado de Hidalgo al norte de la Ciudad de México, Cantera Tula y Cantera Cerro Jardín.

Como fuente de reciclaje de material plástico, estos residuos serán enviados a la recicladora más cercana como parte de su aprovechamiento posterior a su transferencia, como lo es DIBASA en el Estado de México.

Los combustibles derivados de residuos proporcionan una alternativa más rápida y menos intensiva de espacio para el relleno sanitario con el beneficio de la producción de energía (calor y energía). La incineración de los CDR y el co-procesamiento de los residuos plásticos es el medio preferido de eliminación para una serie de países europeos, incluidos los Países Bajos, Dinamarca y Alemania, donde las emisiones de los incineradores son fuertemente reguladas.

## **RECOMENDACIONES**

Para la realización de estudios similares a los realizados en este trabajo son mencionadas las siguientes recomendaciones:

Que las autoridades de los gobiernos competentes tomen en cuenta los resultados obtenidos en este estudio para establecer los procedimientos de gestión integral de los RDP para cumplir con lo que se establece en la norma NADF-024-ambt-2013.

Que las autoridades informen a los ciudadanos y se lleven a cabo capacitaciones sobre la manera correcta del almacenamiento y los cuidados que se deben tener en el manejo de los RDP con el fin de evitar accidentes.

Que los investigadores y estudiantes continúen con investigaciones de un mejor aprovechamiento de los RDP y para la disposición final adecuada de los RDP.

El presente estudio puede ser aplicado en cualquier Unidad Habitacional, sin embargo debe adaptarse a las condiciones específicas; es recomendable que el estudio de generación de

residuos pueda ser aplicado en diferentes épocas del año para poder comparar las diversas conductas de generación de los participantes, así como, que los responsables del manejo de residuos en cada Unidad Habitacional se acerquen no sólo a los consultores privados, sino también a la academia y al gobierno para realizar el diagnóstico básico, además de crear una oficina dedicada al mantenimiento y mejora del mismo que esté a la altura de las gerencias para que tenga capacidad organizativa dentro de la misma unidad.

Como aspecto importante cualquier persona que inicie un trabajo de planeación de residuos debe tener en cuenta que el aspecto social es imprescindible para el avance cualquier plan acción, si se dan pláticas a las personas acerca de composta, manejo de residuos en sus casas, manejo de sustancias peligrosas, entonces será más probable que ellas mismas generen iniciativas para el manejo de los residuos con los que trabajan, haciéndolos partícipes de las acciones.

Se deben aplicar buenas prácticas en todas las etapas que conforman el manejo de residuos para minimizar la cantidad transferida a rellenos sanitarios y maximizar el aprovechamiento y el reúso a través de programas de concientización y capacitaciones al personal.

## REFERENCIAS

- Aburto, M. P. (Mayo de 2015). ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS. Ciudad de México, México: UNAM.
- ACIPLAST. (2014). Guía aprovechamiento de residuos plásticos . San José, Costa Rica.
- Ayala Hernández, J. (2015). Análisis de la evolución de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el Distrito Federal 1980- 1998.
- Bernache et al, G. (2001). Solid waste characterization study in the Guadalajara metropolitan zone, Mexico. *Waste Manag. Res.* 19, 413-424.
- Blacksmith Institute & Green Cross. (2012). The World's Worst Pollution Problems: Assessing Health Risks at Hazardous Waste Sites. *Blacksmith Institute*.
- Bondi, C. (2011). Applying the precautionary principle to consumer household cleaning product development *Journal of Cleaner Production*. 429 - 437.
- Buen rostro et al. (2006). Comparative analysis of hazardous household waste in two Mexican regions. *ScienceDirect*. México: Elsevier.
- Buenrostro, O., & Márquez, L. (2004). CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LAS VIVIENDAS DE MORELIA, MICHOACÁN. . Morelia: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE LOS RECURSOS NATURALES. .
- Castillo, E. (2014). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Chávez Jazmín et al. (2019). Reporte. VISITA TÉCNICA AL RELLENO SANITARIO CHILTEPEQUE. Puebla. UNAM.
- CICEANA (2010). Saber más... Reciclaje de residuos sólidos. Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América A.C., E.U.A. Consultado en internet: <http://www.ciceana.org.mx/recursos/Reciclaje%20de%20residuos%20solidos.pdf> el día 24 de Agosto del 2014.
- CG de los E.U.M.  
(2014). LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS S. MÉXICO.
- Cortinas de Nava, Cristina. (2008) BASES PARA INTEGRAR PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS DOMÉSTICOS.
- CU. (2004). 100 Years of Waste Incineration in Denmark. Columbia University. Consultado en internet:

<http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/100YearsofWasteIncinerationinDenmark.pdf> el día 22 de abril del 2016.

- Cisneros E. (2001). La contaminación ambiental en México. LIMUSA: México, pp. 455-460.
- DOF . (8 de octubre de 2014). Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. Diario Oficial de la Federación. 2003.
- DOF. (2002). NOM-189-SSA1/SCFI-2002 . *Productos y servicios. Etiquetado y envasado para productos de aseo de uso doméstico*.
- Dong, Q. (2010). Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges. *J. Environ. Manage.*, 1623-1633.
- Duran A., Garcés M., Velasco A., Marín J., Gutiérrez R., Moreno A., Delgadillo N. 2013. Características y análisis de composición de los residuos sólidos de la Ciudad de México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* Vol. 29 No.1 39-46.
- EA (Environment Agency of England and Wales). Substitute Liquid Fuels (SLF) Used in Cement Kilns – Life Cycle Analysis. Research and Development Technical Report P274. Bristol: Environment Agency 1999 b, pages 109.
- Elanda Fikri, P. P. (1 de Septiembre de 2017). Characteristics and household toxic hazardous waste generation based on economic status and topographic regions in Semarang, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 18, 8-16.  
doi:10.12911/22998993/76209
- European Council, C. D. (12 de December de 1991). on hazardous waste. Official Journal. 020-027.
- F. López. et al. (2012). Aprovechamiento energético de residuos: el caso de los neumáticos fuera de uso. *Energía sostenible para todos*. Obtenido de [www.energia2012.es](http://www.energia2012.es)
- Farías, R. (11 de septiembre de 2001). *Conferencia dada en la Fundación para la Ciencia México-Estados Unidos*. Monterrey, México: CEMEX.
- Favela., H. (2009). Cuantificación de residuos sólidos domésticos peligrosos generados en dos periodos estacionales en una ciudad mexicana (Mexicali). Mexicali: En memorias del II simposio iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla.
- Fruergaard T., Astrup T., Christensen T. (2010). Energy recovery from waste incineration: Assessing the important of district heating works. *J. Waste Management* 30, 1264-1272.
- Gaviria Lebrún. (2012). Análisis para la gestión de residuos peligrosos domiciliarios en el municipio de Medellín. Antioquía: Cooperación Universitaria Las Allista.

- GENERAL ENVIRONMENT EUROPEAN COMMISSION. (Julio de 2002). STUDY ON HAZARDOUS HOUSEHOLD WASTE (HHW) WITH A MAIN EMPHASIS ON HAZARDOUS HOUSEHOLD CHEMICALS (HHC). Bélgica.
- Gobierno de la Ciudad de México. (2017). *Las villas olímpicas*. Obtenido de [http://alejandria.ccm.itesm.mx/biblioteca/digital/basesdatos/mexico68/vol2/libro/capitulo\\_7.pdf](http://alejandria.ccm.itesm.mx/biblioteca/digital/basesdatos/mexico68/vol2/libro/capitulo_7.pdf)
- González, C. e. (2012). Urban solid waste composition in two sites of confinement. *Rev. Int. Contam. Ambien.* 13-18.
- INEGI. (2015). *Hogares, vivienda y urbanización*. México.
- INEGI. (2015). *INEGI*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>
- Jan Baeyens, A. B. (2008). Recovery and recycling of post-consumer waste materials. Part 2. Target wastes (glass beverage bottles, plastics, scrap metal and steel cans, end of-life tyres, batteries and household hazardous waste),. 232-245. . *International Journal of Sustainable Engineering*,.
- Jan Baeyens, Anke Brems & Raf Dewil (2010) Recovery and recycling of post-consumer waste materials. Part 2. Target wastes (glass beverage bottles, plastics, scrap metal and steel cans, end of-life tyres, batteries and household hazardous waste), *Internati.* (s.f.).
- Larsen A., Merrild H., Møller J., Christensen T. (2010). Waste collection systems for recyclables: An environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark). *J. Waste Management* 30, 744-754.
- LGEEPA (2014). *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT.
- LGPGIR (2012). *Ley General de la Prevención y Gestión Integral de Residuos*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT.
- Lopez Aguilar, J. J. (Julio de 2000). *Residuos Peligrosos Domésticos*. Salamaca, Gto.
- López G. (2014). Plan de Manejo integral de residuos sólidos para hipermercados. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México D.F., pp. 11-32.
- Lorea, C., & Van loo, W. (2009). Aprovechamiento energético de neumáticos usados en la industria cementera europea. 879.
- M. McParland, K. K.-D. (2008). Description of the nature of the accidental misuse of chemicals and chemical products (DeNaMiC) in *Chemical Hazards & Poisons*

Report, Health Protection Agency. 42. [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1211266315123](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1211266315123),.

Mackenzie, L. (2005). *Ingeniería y Ciencias Ambientales*. México.: McGraw-Hill/Interamericana.

Malandrakis , G. (2008). Children´s Understanding Related to Hazardous Household Items and Waste. *Environmental Education Research*, 579-601.

Mbang, L. et al. (2010). Managing Hazardous Components in Household Waste in Developing Countries-Lessons Learnt from Community Composting in Cameroon. *The Journal of Solid Waste Technology and Management*, 153-163.

NOM-052-SEMARNAT-2005. (junio de 2006). Ciudad de México.

Núñez, R. (25 de Septiembre de 2018). Sesión informativa estaciones de transferencia. (M. C. Palacios, Entrevistador)

OCDE. (2011). Organización para el comercio y Desarrollo Económico. *Dato OCDE 17-oct-2008*. Obtenido de [http://www.oecd.org/document/2/0,3746,es\\_36288966\\_36288553\\_41992386\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/2/0,3746,es_36288966_36288553_41992386_1_1_1_1,00.html)

Otalora, Z. I. (Noviembre de 2017). ESTUDIO DE GENERACION PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS DOMESTICOS GENERADOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO. México.

P. Kjeldsen, A. G. (1998). *Waste Management and Research* 16. 3-13.

Papaspyrides, C. (2008). *AIMPLAS Idoneidad del PET reciclado en contacto con alimentos y situación de su uso en Europa y otros países*. Solid -state polymerization .

PAPASPYRIDES, C. D. (2008). AIMPLAS Idoneidad del PET reciclado en contacto con alimentos, y situación de su uso en Europa y otros países. Solid-state polymerization .

Parviz A. Koushki. (2002). Analysis of Household Hazardous Substances in Kuwait. Kuwait.

Plastivida. (2015). Residuos plásticos, su aprovechamiento como necesidad. Argentina. *Programa de gestión de residuos peligrosos del Condado de King, Washington*. (2013). Obtenido de [www.HazWasteHelp.org](http://www.HazWasteHelp.org)

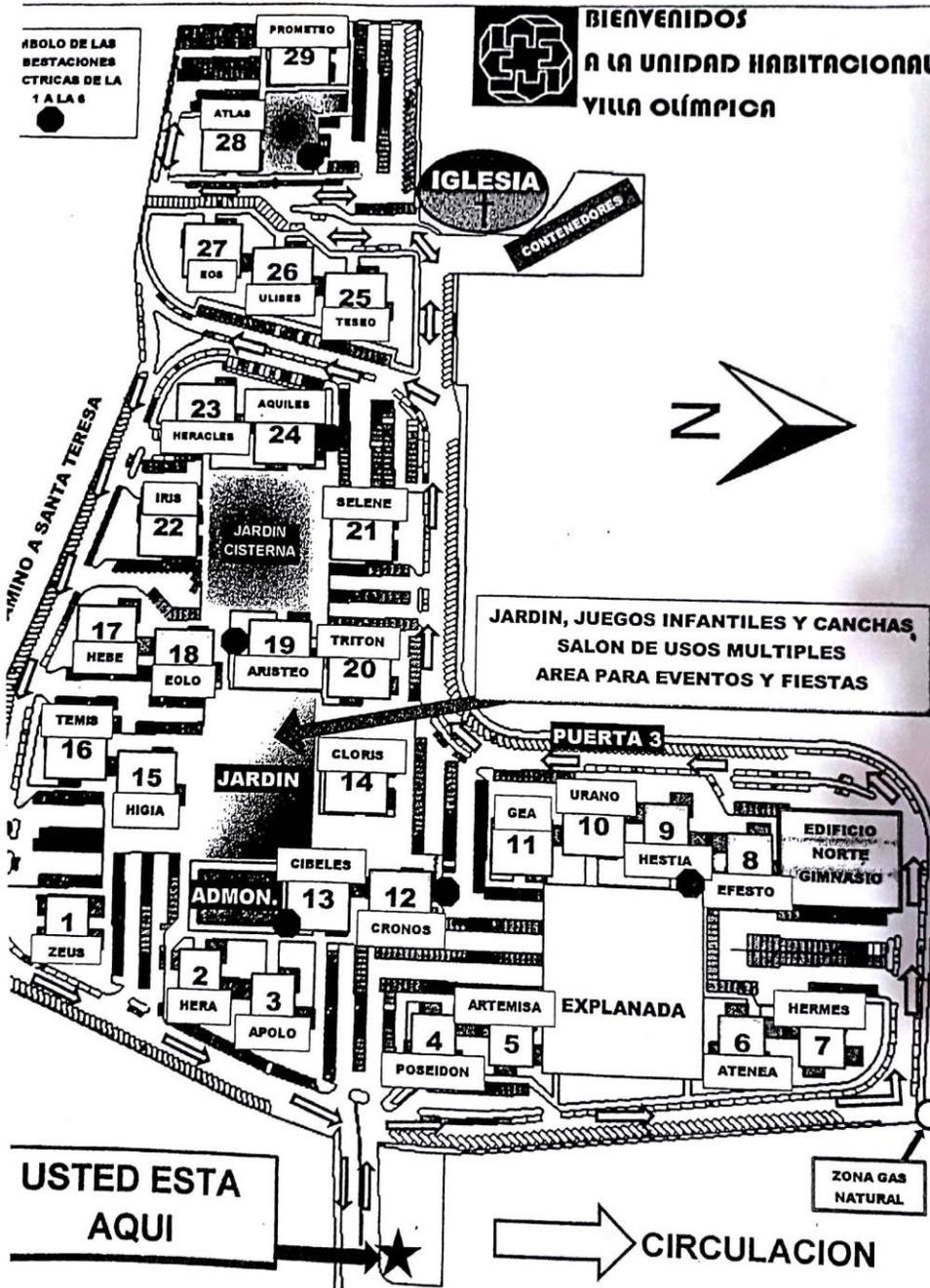
Queiroz Lamas; Fortes Palau y Rubens de Camargo. Waste materials co-processing in cement industry: Ecological efficiency of waste reuse, Renewable and sustainable Energy Reviews, Volume 19, 2004, pages 200–207. R.J. Slack\*, J. G. (2008). The management of household hazardous waste in the United Kingdom. Londres: Elsevier .

- R.J. Slack\*, J. G. (2008). The management of household hazardous waste in the United Kingdom. Londres: Elsevier .
- RLGPGIR . (octubre de 2014). Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. *Publicado 30 noviembre de 2006, última actualización 2014.*
- Rosas., A. (2000). Estudio de generación de residuos peligrosos domésticos en una zona habitacional. Ciudad de México.
- Ruíz, R. (2013). Caracterización de la generación de residuos sólidos urbanos domiciliarios en el fraccionamiento faja de oro, en Coatzintla, Veracruz. Tuxpan, Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Runfola, J. (2009). Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. 14. CIULAMIDE.
- Sánchez, S. (Octubre de 2016). Plan de manejo integral de residuos sólidos para mercados públicos caso estudio: Central de abastos. Ciudad de México, México: UNAM.
- Sandoval, J. (2009). Estudio de generación y caracterización de los residuos peligrosos presentes en los residuos sólidos urbanos de Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua. Universidad de Guanajuato - Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados.
- SDA BOGOTÁ. (Agosto de 2011). Manejo de los Residuos Peligrosos generados en las viviendas. Bogotá, Colombia.
- SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL . (1985). NORMA MEXICANA. *Residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos.* Ciudad de México, México.
- SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. (1985). RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES -Muestreo Método de cuarteo. Ciudad de México, México.
- SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. (1985). RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES PESO VOLUMETRICO "IN SITU". Ciudad de México, México.
- SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. (1985). NMX-AA-61-1985, contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de la generación. Ciudad de México.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2011 ). Manejo de los residuos peligrosos generados dentro de las viviendas. Bogotá, D.C. , Colombia.: Alcaldía mayor de Bogotá.
- SEDEMA. (2015). *Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México.* Ciudad de México.

- SEDEMA. (julio de 2015). NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-024-AMBT-2013. Ciudad de México.
- SEDEMA. (2016 ). *Inventario de residuos sólidos urbanos CDMX 2016*. Ciudad de México.
- SEDEMA. (2017). *Inventario de residuos sólidos urbanos CDMX.2017*. Ciudad de México.
- SEDESOL, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2008). Residuos peligrosos en el mundo y en México.
- SEMARNAT, Cap. 7 Residuos. (2012). Informe de la situación del medio ambiente en México. Recuperado el 12 de Enero de 2015, de [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/07\\_residuos/cap7\\_1.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html)
- SEMARNAT, Secretaria de Fomento y Normatividad Ambiental. (s.f.). Recuperado el noviembre de 2014, de: [http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/apoyosysubsidios/residuos/linea mientos-residuos-2015.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/apoyosysubsidios/residuos/linea_mientos-residuos-2015.pdf)
- SEMARNAT. (2006). Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. . *Instituto Nacional de Ecología*. Ciudad de México.
- SEMARNAT. (19 de junio de 2007). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última reforma publicada. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales. Diario Oficial de la Federación.*, 214. D.F., México.
- SEMARNAT. (2013). Informe de la situación del medio ambiente en México. *Semarnat , 2012*. México.
- SEMARNAT. (Abril de 2015). Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. México.
- SEMARNAT,INECC. (Diciembre de 2000). Dirección general de materiales, residuos y actividades riesgosas.
- Silva Sánchez, C. (Octubre de 2016). Plan de manejo integral de residuos sólidos para mercados públicos caso estudio: Central de abastos . Ciudad de México, México: UNAM.
- Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). (Diciembre de 2015). Informe de la situación del medio ambiente en México. *Compendio de las estadísticas ambientales, indicadores claves, de desempeño ambiental y crecimiento clave.*, Capítulo 7. México.
- Slack, R. e. (August de 2010). Hazardous Components of Household waste. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. UK.

- Slack, R. et al. . (2004). Hazardous Components of Household Waste. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology.*, 419-445.
- Slack, R., & Trevor, L. (s.f.). Chemicals in Waste: Household Hazardous Waste. UK: School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Travis P. Wagner, P. T. (12 de abril de 2013). creasing diversion of household hazardous wastes and materials through mandatory retail take-back. *Journal of Environmental Management.*
- USEPA . (febrero de 2018). *EPA. Hazardous waste.* Obtenido de <https://www.epa.gov/hw/household-hazardous-waste-hhw>
- USEPA. (2018). *Environmental Protection Agency, HHW* . Obtenido de <https://www.epa.gov/hw/household-hazardous-waste-hhw>
- Van Loo, Willem. (2009) Aprovechamiento energético de neumáticos usados en la industria cementera europea.
- Van Oss, H.G. and Padovani, A.C. Cement manufacture and the environment. Part II: Environmental Challenges and Opportunities. *Journal of Industrial Ecology*, 7 (1), 2003, pages 93 a 126. Vázquez Romegialli, F. (2014). Manejo de residuos peligrosos. Concepción, Chile: Universidad de concepción.
- Vázquez, F. (2014). Manejo de residuos peligrosos. Concepción, Chile: Universidad de concepción.
- W.K, H. (2001). Manual del Ingeniero Industrial. México: Mc Graw Hill.
- Yasuda, K. et al. . (2006). Report on hazardous household waste generatoin in Japan. *Waste Management & Research*, 397 - 401.
- Zhang, H. et al. . (2008). Flow Analysis of Heavy Metals in MSW Incinerators for Investigating Contamination of Hazardous Components. *Environmental Science & Technology*, 6211 - 6117 .

# ANEXOS



Scanned by CamScanner

Figura 9.1 Mapa Villa Olímpica.  
Fuente: mapa informativo Villa Olímpica.





CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA LA DETERMINACION DEL PESO  
VOLUMETRICO-"IN SITU" DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Localidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Fecha y hora de la determinación: \_\_\_\_\_

Estrato socioeconómico muestreado: \_\_\_\_\_

Condiciones climatológicas imperantes durante la dterminación \_\_\_\_\_

Capacidad del recipiente \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Tara del recipiente \_\_\_\_\_ kg

Capacidad del recipiente, tomada para la determinación \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Peso bruto (peso del recipiente con residuos sólidos) \_\_\_\_\_ kg

Peso neto de los residuos sólidos (peso bruto tara) \_\_\_\_\_ kg

Peso volumétrico "in situ", de los residuos sólidos: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

Responsable de la determinación:

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo \_\_\_\_\_

Dependencia o Institución \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Figura 9.2 Cédula para la determinación del peso volumétrico.  
Fuente: (SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, 1985)





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería Ambiental**  
**"Estudio de generación de residuos sólidos urbanos dentro de la Unidad Habitacional Villa Olímpica"**



Como parte del trabajo de investigación académico "Estudio de generación de residuos dentro de la Unidad Habitacional Villa Olímpica" a continuación se le pide hacer llenado de este cuestionario, como complemento de la información del estudio de caso.

Instrucciones: Dentro de los paréntesis llenar con (X) la opción que usted decida, y responder en los espacios \_\_\_\_\_ con su propia información.

NOMBRE: \_\_\_\_\_ DEPTO: \_\_\_\_\_ EDIF: \_\_\_\_\_ NÚM. HABITANTES: \_\_\_\_\_

- SEXO: F \_\_\_\_ M \_\_\_\_ EDAD \_\_\_\_\_ GRADO DE ESCOLARIDAD \_\_\_\_\_
1. ¿Conoce la norma **MADF 024 AMBT 2013 QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BAJO LOS CUALES SE DEBERÁ REALIZAR LA SEPARACIÓN, CLASIFICACIÓN, RECOLECCIÓN SELECTIVA Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL DISTRITO FEDERAL?**  
 SI ( ) NO ( )
  2. Si la respuesta fue SI ¿Entiende con claridad la forma separación y/o especificaciones de los residuos que se indica en esta norma?  
 SI ( ) NO ( )
  3. ¿Aplica en su departamento lo establecido en dicha norma?  
 SI ( ) NO ( )
  4. ¿Qué cantidad de residuos sólidos dentro de su domicilio genera en promedio (cocina, baño, sala etc) en un día?  
 0-1 Kg ( ) 1-2Kg ( ) 2-3Kg ( ) 4-más ( )
  5. ¿Qué aspectos considera que dificultan la clasificación de los residuos sólidos urbanos como lo indica la norma?  
 ( ) Falta de espacio para tantas bolsas  
 ( ) Pérdida de tiempo  
 ( ) Desconocimiento de la forma de hacerlo correctamente  
 ( ) Desconocimiento de las ventajas en un futuro
  6. ¿Qué tipos de residuos se generan dentro de su departamento?  
 ( ) Orgánicos (Restos de comida, cáscaras de frutas, residuos de poda)  
 ( ) Residuos biodegradables susceptibles a ser aprovechados (Restos de hojarasca, restos de verduras, aceite comestible usado)  
 ( ) Residuos inorgánicos con potencial de reciclaje (Papel, cartón, vidrio, metales, textiles)  
 ( ) Residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado (Papel de baño usado, pañuelos usados, toallas sanitarias, colillas de cigarro)  
 ( ) Residuos de manejo especial y voluminosos (electrodomésticos, pilas, baterías, colchones, llantas)  
 ( ) Residuos domésticos peligrosos (Productos para el mantenimiento del hogar, medicamentos caducos)

**CDMX** SEPARAREMOS LA BASURAL

A PARTIR DEL 8 DE JULIO SEPARAREMOS LOS RESIDUOS EN 4 CATEGORÍAS:

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| <b>ORGÁNICOS</b>                     | Martes, Jueves   |
| <b>INORGÁNICOS REICLABLES</b>        | Sábado           |
| <b>INORGÁNICOS NO REICLABLES</b>     | Lunes, Miércoles |
| <b>MANEJO ESPECIAL Y VOLUMINOSOS</b> | Viernes, Domingo |

CDMX **Capital Verde**

Figura 9.3 Formato encuesta villa olímpica página 1. Elaboración propia.

7. ¿Cómo considera el servicio de recolección en su Unidad Habitacional?  
 ( ) BUENO ( ) REGULAR ( ) MALO

11. Ejemplo:

|              |   |                     |         |           |                         |                    |                    |
|--------------|---|---------------------|---------|-----------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Destapacaños | 1 | de <del>1</del> a 2 | 3 o más | (L) (pza) | 1 a 3 veces a la semana | 1 a 3 veces al mes | 1 a 3 veces al año |
|--------------|---|---------------------|---------|-----------|-------------------------|--------------------|--------------------|

8. ¿Pagaría más por un mejor servicio de recolección?  
 SI ( ) NO ( )

9. ¿Cómo considera el tipo de almacenamiento temporal (contenedores) de residuos dentro de su domicilio?  
 ( ) BUENO ( ) REGULAR ( ) MALO

10. ¿Qué tipo de servicio de recolección de residuos preferiría?  
 ( ) Recolección interna (intradomiciliaria) esperar al camión)  
 ( ) Recolección externa (llevar los residuos a sus correspondientes contenedores)

11. Marque a continuación en la tabla:

- A) La cantidad que desecha por cada tipo de residuo con "X" (Si no lo genera, no seleccione nada en la casilla)  
 B) Marque si es por litros o por piezas con "X"  
 C) Marque la frecuencia con la que desecha el residuo "X"

| TIPO DE RESIDUO                                       | CANTIDAD DESECHADA | FRECUENCIA DEL DESECHO     |   |
|---|--------------------|----------------------------|---|
|   |                    | (L)= litros ó (Pza)=piezas |   |
| Destapacaños  | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Pulidores y limpiadores para metales y recubrimientos | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Pulidores para muebles                                | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Quita sarro   | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Pinturas base solvente (aceite)                       | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Solventes (thinner y aguarrás)                        | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Pegamentos y adhesivos                                | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Removedor de pintura y barniz                         | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Selladores  | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Tintas para madera                                    | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Acetate de motor                                      | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Acetate lubricante gastado                            | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Aditivos para gasolina                                | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Líquido anticongelante                                | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Limpiador de carburador                               | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Limpiador de motor                                    | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Acumuladores/batería ácido-plomo                      | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Combustibles  | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Líquido para frenos                                   | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Conservadores de madera                               | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Conservadores de metales                              | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Insecticidas  | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Herbicidas  | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Raticidas   | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Limpiador de alfombras                                | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Botes con pintura                                     | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Detergentes   | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |
| Medicamentos caducos para humanos o mascotas          | 1 de 1 a 2         | (L) (pza)                  | 1 a 3 veces a la semana 1 a 3 veces al mes 1 a 3 veces al año |

Figura 9.4 Formato encuesta Villa Olímpica página 2.

12. Complete la tabla con las opciones que se muestran en la tabla:

Ejemplo:

| Mantenimiento automotriz                                | Acetiz                | <input checked="" type="checkbox"/> Si | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si | <input checked="" type="checkbox"/> No | Separado   | <input checked="" type="checkbox"/> No separado | No almacena | Venta                        | Reuso | <input checked="" type="checkbox"/> Basura |
|---|-----------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|--|--|---|-------------|------------------------------|-------|--|
| CATEGORÍA DE RESIDUOS                                   | CITE ALGUNOS EJEMPLOS | ¿LO CONSIDERA PELIGROSO?               |                             | ¿LO GENERA?                 |  | ¿CÓMO ALMACENA EL RESIDUO PREVIO A SU RECOLECCIÓN? |   |             | DESTINO QUE LE DA AL RESIDUO |       |  |
| Mantenimiento automotriz                                |                       | <input type="checkbox"/> Si            | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si | <input type="checkbox"/> No            | Separado   | No separado                                     | No almacena | Venta                        | Reuso | Basura                                     |
| Productos para la limpieza y el mantenimiento del hogar |                       | <input type="checkbox"/> Si            | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si | <input type="checkbox"/> No            | Separado   | No separado                                     | No almacena | Venta                        | Reuso | Basura                                     |
| Biocidas  |                       | <input type="checkbox"/> Si            | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si | <input type="checkbox"/> No            | Separado   | No separado                                     | No almacena | Venta                        | Reuso | Basura                                     |
| Salud - Médico asistenciales                            |                       | <input type="checkbox"/> Si            | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si | <input type="checkbox"/> No            | Separado   | No separado                                     | No almacena | Venta                        | Reuso | Basura                                     |

Se agradece su amable colaboración y participación en esta parte del trabajo de investigación.

Figura 9.5 Formato encuesta Villa Olímpica página 3.

| GENERACIÓN POR HABITANTE POR DÍA |          |              |            |                       |        |           |        |         |        |         |
|----------------------------------|----------|--------------|------------|-----------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| ENTREVISTA                       |          |              |            | Generación kg/hab*día |        |           |        |         |        |         |
| NÚMERO                           | EDIFICIO | DEPARTAMENTO | HABITANTES | LUNES                 | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO |
| 1                                | 2        | OO4          | 2          | 0.05                  | 0.28   | 0.15      | 0.33   | 0.28    | 0.03   | 0.03    |
| 2                                | 2        | 401          | 3          | -                     | 1.17   | 0.10      | 0.37   | 0.30    | 0.74   | 0.96    |
| 3                                | 2        | 501          | 2          | 1.51                  | 0.63   | 0.41      | 0.93   | 0.37    | 0.56   | 0.73    |
| 4                                | 2        | 104          | 2          | 0.70                  | 0.27   | 0.47      | 0.84   | -       | 0.62   | 0.94    |
| 5                                | 2        | 503          | 4          | 0.19                  | 0.27   | 0.21      | 0.26   | 0.30    | 0.30   | 0.39    |
| 6                                | 3        | OO1          | 3          | 0.81                  | 0.22   | 0.41      | 0.91   | 0.92    | 0.68   | 0.89    |
| 7                                | 3        | OO2          | 2          | 1.11                  | 0.42   | 0.19      | 0.94   | 0.48    | 0.96   | 0.96    |
| 8                                | 3        | 204          | 2          | 1.62                  | 1.05   | 2.26      | 0.97   | 0.63    | 1.26   | 1.26    |
| 9                                | 3        | 202          | 2          | 0.19                  | 0.33   | 0.43      | 1.01   | 0.54    | 0.72   | 0.72    |
| 10                               | 3        | 301          | 4          | 0.46                  | 0.04   | 0.74      | 0.12   | 0.05    | 1.02   | 0.97    |
| 11                               | 3        | 404          | 1          | 0.01                  | 0.19   | 0.09      | 0.95   | 0.96    | 0.30   | 0.30    |
| 12                               | 4        | 304          | 1          | 1.43                  | 0.88   | 0.66      | 1.95   | 0.60    | 0.34   | 0.90    |
| 13                               | 4        | 302          | 4          | 0.38                  | -      | 0.23      | 0.68   | 0.70    | 0.73   | 0.74    |
| 14                               | 4        | 403          | 4          | 3.87                  | 0.41   | 0.78      | 0.72   | 0.99    | 0.99   | 0.92    |
| 15                               | 4        | 404          | 1          | 0.32                  | 0.17   | 0.53      | 0.67   | 0.49    | 0.76   | 0.76    |
| 16                               | 4        | 501          | 3          | 0.19                  | 1.27   | 0.44      | 0.91   | 0.69    | 0.30   | 0.30    |
| 17                               | 5        | 502          | 3          | 0.48                  | 0.77   | 0.23      | 0.62   | -       | 0.35   | 0.65    |
| 18                               | 5        | 304          | 3          | 2.42                  | 0.49   | 0.40      | 0.50   | 0.76    | 0.34   | 0.34    |
| 19                               | 5        | 301          | 3          | 0.65                  | 0.91   | 0.26      | 0.26   | 0.27    | 0.60   | 0.60    |
| 20                               | 9        | OO2          | 3          | 0.70                  | 0.31   | 0.88      | 0.25   | 0.03    | 0.03   | 0.03    |
| 21                               | 9        | OO4          | 5          | 0.39                  | 0.43   | 0.74      | 0.70   | 0.21    | 0.09   | 0.09    |
| 22                               | 9        | 303          | 2          | 0.63                  | 0.37   | 0.22      | 0.53   | 0.38    | 0.38   | 0.38    |
| 23                               | 9        | 504          | 3          | 1.65                  | 2.08   | 0.41      | 0.76   | 0.52    | 0.39   | 0.39    |
| 24                               | 9        | 502          | 2          | 0.11                  | 1.15   | 0.05      | 0.19   | 0.38    | 0.05   | -       |
| 25                               | 10       | 102          | 4          | 0.32                  | 0.04   | 0.58      | 0.13   | 0.67    | 0.25   | 0.25    |
| 26                               | 10       | 104          | 4          | 0.53                  | 0.68   | 0.88      | 0.43   | 0.80    | 0.41   | 0.41    |
| 27                               | 10       | 103          | 4          | 0.78                  | 0.05   | -         | 0.70   | 0.60    | 0.71   | 0.71    |
| 28                               | 10       | 301          | 3          | 0.14                  | 0.46   | 0.10      | 0.09   | 0.17    | 0.47   | 0.47    |
| 29                               | 10       | 302          | 2          | 0.60                  | 0.42   | 0.21      | 0.31   | 0.43    | -      | 0.63    |
| 30                               | 10       | 303          | 4          | 0.21                  | 0.27   | 0.21      | 0.80   | 0.90    | 0.90   | 0.90    |
| 31                               | 10       | OO2          | 1          | 1.48                  | 0.18   | 0.46      | 0.15   | 0.65    | 0.65   | 0.65    |
| 32                               | 10       | OO1          | 4          | 0.49                  | 0.51   | 0.42      | 0.58   | 0.60    | 0.60   | 0.60    |
| 33                               | 10       | 201          | 2          | 1.05                  | 0.27   | 0.40      | 0.13   | 0.12    | 0.12   | 0.12    |
| 34                               | 10       | 403          | 5          | 0.20                  | 0.25   | 0.04      | 0.08   | 0.50    | 0.50   | 0.50    |
| 35                               | 10       | 503          | 2          | 0.70                  | 0.45   | 0.97      | 0.73   | 0.76    | 0.35   | 0.35    |
| 36                               | 11       | 904          | 3          | 0.70                  | 0.24   | 0.15      | 0.44   | 0.54    | 0.54   | 0.54    |
| 37                               | 11       | OO4          | 1          | 0.77                  | 0.75   | 0.32      | 0.94   | 0.94    | 0.94   | 0.94    |
| 38                               | 11       | 103          | 5          | 0.69                  | 0.64   | -         | 1.03   | 1.75    | 1.63   | 1.49    |
| 39                               | 12       | 201          | 1          | 0.63                  | 0.84   | 0.15      | 0.27   | 0.07    | 0.07   | 0.07    |
| 40                               | 12       | 203          | 1          | 0.27                  | 0.15   | 0.57      | 0.27   | 0.27    | -      | 0.94    |
| 41                               | 12       | 301          | 1          | 0.52                  | 0.45   | 0.32      | 0.53   | 0.40    | 0.40   | 0.40    |
| 42                               | 12       | 303          | 4          | 0.47                  | 0.48   | 0.11      | 0.46   | 0.46    | 0.46   | 0.46    |
| 43                               | 12       | 401          | 4          | 0.52                  | 0.12   | 0.08      | 0.61   | 0.66    | 0.66   | 0.66    |
| 44                               | 12       | OO4          | 4          | 0.12                  | 0.64   | 1.39      | 0.07   | 0.07    | 0.74   | 0.74    |
| 45                               | 12       | 404          | 4          | 0.24                  | 0.10   | 0.47      | 0.18   | 0.18    | 0.18   | 0.18    |
| 46                               | 12       | 501          | 4          | 0.39                  | 0.15   | 0.06      | 0.65   | 0.67    | 0.93   | 0.93    |
| 47                               | 12       | 101          | 3          | 0.38                  | 0.41   | 0.47      | 0.53   | 0.53    | 0.53   | 0.53    |
| 48                               | 12       | 103          | 3          | 0.51                  | 0.31   | 0.34      | 0.35   | 0.35    | 0.35   | 0.35    |
| 49                               | 13       | 303          | 2          | 0.10                  | 0.23   | 0.18      | 0.15   | 0.15    | 0.15   | -       |
| 50                               | 13       | 304          | 4          | 0.53                  | 0.37   | 0.36      | 0.49   | 0.79    | 0.79   | 0.79    |
| 51                               | 13       | OO1          | 2          | 0.32                  | 0.49   | 0.76      | 1.22   | 0.67    | 0.67   | 0.67    |
| 52                               | 13       | 204          | 4          | 0.14                  | 0.77   | 0.12      | 0.32   | 0.32    | 0.65   | 0.65    |
| 53                               | 13       | 403          | 3          | 0.49                  | 0.21   | 0.56      | 0.42   | 0.42    | 0.42   | 0.42    |
| 54                               | 13       | 401          | 1          | 1.48                  | 1.62   | 0.14      | 1.71   | 1.11    | 1.11   | 1.11    |
| 55                               | 14       | 202          | 4          | 0.81                  | 0.78   | 0.42      | 0.46   | 0.87    | 0.87   | 0.87    |
| 56                               | 14       | 204          | 2          | 0.24                  | -      | 0.54      | -      | -       | 0.08   | -       |
| 57                               | 14       | 402          | 3          | 0.89                  | 0.35   | 0.24      | 0.25   | 0.45    | 0.40   | 0.40    |
| 58                               | 14       | 404          | 3          | 0.38                  | 0.21   | 0.27      | 0.16   | 0.05    | 0.39   | 0.39    |
| 59                               | 14       | 604          | 5          | 0.73                  | 0.69   | 0.47      | 0.75   | 0.75    | 0.17   | 0.17    |
| 60                               | 14       | 801          | 3          | 0.70                  | 0.24   | 0.56      | 0.28   | 0.32    | 0.32   | 0.32    |
| 61                               | 14       | 101          | 4          | 0.64                  | 0.72   | 0.45      | 0.72   | 0.81    | 0.42   | 0.42    |
| 62                               | 14       | 303          | 6          | 0.71                  | 0.64   | 0.41      | 0.56   | 0.48    | 0.47   | 0.47    |
| 63                               | 14       | 301          | 2          | 0.55                  | -      | -         | 0.12   | 0.17    | 0.17   | 0.17    |
| 64                               | 14       | 501          | 2          | 0.69                  | 1.01   | 0.71      | 1.54   | 0.45    | 0.90   | 0.90    |
| 65                               | 14       | 704          | 2          | 0.02                  | 0.54   | 0.94      | 0.96   | 0.96    | 0.25   | 0.25    |
| 66                               | 15       | 102          | 3          | 0.41                  | 1.02   | 0.89      | 0.65   | 1.37    | 1.61   | 1.61    |
| 67                               | 15       | 501          | 2          | 0.74                  | 0.19   | 1.20      | 0.45   | 0.45    | 0.45   | 0.45    |
| 68                               | 15       | 101          | 1          | 0.23                  | 0.43   | 0.56      | 0.93   | 0.71    | 0.71   | 0.71    |
| 69                               | 16       | 203          | 4          | 0.28                  | 0.46   | 0.70      | 0.69   | 0.41    | 0.47   | 0.47    |
| 70                               | 16       | 401          | 1          | 1.48                  | 0.66   | 2.25      | -      | 2.94    | 2.94   | 2.94    |
| 71                               | 16       | 501          | 1          | 0.95                  | 0.15   | 0.52      | 0.68   | 0.68    | 0.68   | 0.68    |
| 72                               | 17       | OO3          | 3          | 0.44                  | 0.45   | 0.25      | 0.53   | 0.80    | 0.95   | 0.95    |
| 73                               | 17       | 503          | 3          | 0.46                  | 0.39   | 0.66      | 0.27   | 0.27    | 0.61   | 0.61    |
| 74                               | 17       | 501          | 4          | 0.81                  | 0.45   | 1.16      | 0.69   | 0.69    | 0.72   | 0.69    |
| 75                               | 17       | 402          | 2          | 1.59                  | 1.40   | 1.06      | 0.45   | 0.45    | 0.45   | 0.45    |
| 76                               | 17       | 303          | 4          | 0.28                  | 0.81   | 0.37      | 0.46   | 0.46    | 0.41   | 0.41    |
| 77                               | 17       | 301          | 2          | 0.82                  | 0.51   | 0.64      | 0.48   | 0.48    | 0.48   | 0.48    |
| 78                               | 17       | 202          | 2          | 0.17                  | 0.33   | 0.11      | 0.22   | 0.22    | 0.51   | 0.51    |
| 79                               | 17       | 203          | 3          | 0.78                  | 0.40   | 0.27      | 0.65   | 0.65    | 0.35   | 0.36    |
| 80                               | 18       | 203          | 1          | 1.48                  | 2.46   | 2.78      | 0.39   | 0.39    | 0.39   | 0.39    |
| 81                               | 18       | 104          | 2          | 1.84                  | 0.33   | 0.39      | 1.08   | 1.08    | 1.08   | 1.08    |
| 82                               | 18       | 201          | 2          | 1.05                  | 0.07   | 0.93      | 0.48   | 0.48    | 0.48   | -       |
| 83                               | 18       | 202          | 3          | 0.11                  | 0.50   | 0.75      | 0.16   | 0.16    | 0.16   | 0.18    |
| 84                               | 18       | 301          | 3          | 0.08                  | 0.32   | 0.45      | 0.32   | 0.32    | 0.74   | 0.69    |
| 85                               | 18       | 302          | 2          | 0.55                  | 0.45   | 0.68      | 0.79   | 0.79    | 0.79   | 0.68    |

Tabla 9-4 Generación de residuos por departamento. Elaboración propia.

## ACRÓNIMOS

**CEMEX: Cementos Mexicanos**

**CRETIB: Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico infeccioso**

**GIR: Gestión Integral de Residuos**

**LGEEPA: Ley General**

**LGPGIR: Ley General**

**PEAD: Polietileno de Alta Densidad**

**PEDB: Polietileno de baja densidad**

**PET: Polietileno Tereftalato**

**RDP: Residuos Domésticos Peligrosos**

**RP: Residuos Peligrosos**

**RSM: Residuos de Manejo Especial**

**RSU: Residuos Sólidos Urbanos**

**SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**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.

**Co-procesamiento:** Integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo.

**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.

**Envase:** Es el componente de un producto que cumple la función de contenerlo y protegerlo para su distribución, comercialización y 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.

**Impacto ambiental:** Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

**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.

**Material peligroso:** Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas.

**Manejo Integral:** Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, 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.

**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.

**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.

**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:** 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 Mantenimiento del hogar:** Contenedor vacío o con residuos, estopas o trapos impregnados, brochas, rodillos, esponjas, etc. que haya contino alguno de estos productos, destapa caños, pulidores y limpiadores para metales y recubrimientos, productos para pulir muebles, quita sarro, pinturas base solvente (aceite), solventes (thinner y aguarrás), pegamentos y adhesivos epóxicos, removedor de pintura y barniz, selladores, tintas para madera, aquellos productos en cuyos envases aparecen los siguientes símbolos.

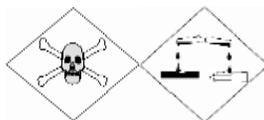


Figura 1

Figura 2

**Residuos Domésticos Peligrosos:** productos de consumo que al desecharse contengan materiales que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas y/o biológico infecciosas sean clasificados como peligrosos, los cuales deberán ser depositados y entregados de manera separada.

**Residuos Peligrosos:** 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:** 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.