

# Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes



**Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-**

Departamento para el Manejo de los Residuos y los Desechos Sólidos

7 Avenida 03-67 zona 13, Edificio MARN. Ciudad de Guatemala.

PBX (502) 24230500

[www.marn.gob.gt](http://www.marn.gob.gt)

Con el apoyo financiero de:



*Al servicio  
de las personas  
y las naciones*



**ADAPTATION FUND**

La reproducción de este documento es posible gracias al apoyo del Proyecto “Paisajes Productivos Resilientes al Cambio Climático y Redes Socioeconómicas Fortalecidas en Guatemala” que dispone de una donación del Fondo de Adaptación que ejecuta el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) e implementa conjuntamente el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Diseño y Diagramación:

Artes Litográficos, S.A.

Fotografías:

Melissa Alvarez Barrientos, MARN.

Impresión:

Artes Litográficos, S. A.

Calzada Justo Rufino Barrios 2-60 Zona 21

PBX: (502) 2449-0120

Primera Edición, 2018.

1,000 ejemplares

Se permite la reproducción de este documento, total o parcial, siempre que no se alteren los contenidos ni los créditos de autoría y edición.



## ACUERDO MINISTERIAL NÚMERO 7-2019

Guatemala, 8 de enero de 2019

### EL MINISTRO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

#### CONSIDERANDO

Que el artículo 194 literales a), f) e i), de la Constitución Política de la República de Guatemala, regula que, el Ministro debe ejercer jurisdicción sobre todas las dependencias de su Ministerio, dirigir, tramitar, resolver e inspeccionar todos los negocios relacionados con su Ministerio, y velar por el estricto cumplimiento de las leyes y la probidad administrativa, así mismo de conformidad con lo que para el efecto establece el artículo 27 literal m), de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto número 114-97, del Congreso de la República de Guatemala, es atribución del Ministro dictar los Acuerdos, Resoluciones, Circulares y otras disposiciones relacionadas con el despacho de los asuntos de su ramo, conforme la Ley.

#### CONSIDERANDO

Que el artículo 29 bis de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto número 114-97 del Congreso de la República de Guatemala, establece que, al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales le corresponde, formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

#### CONSIDERANDO

Que el Acuerdo Gubernativo número 50-2015, que contiene el Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establece en su artículo 5, que, son atribuciones del Ministro entre otras, dictar disposiciones para descentralizar y desconcentrar actividades, funciones y procesos técnico administrativos; suscribir cuando estime necesario convenios administrativos; aprobar los diversos manuales organizativos y operativos y emitir disposiciones internas; dirigir, tramitar, resolver e inspeccionar las acciones relacionadas con su Ministerio; crear, suprimir, fusionar, reestructurar, dirigir y coordinar unidades y dependencias administrativas del Ministerio, así como administrar sus recursos financieros, humanos y físicos, ejerciendo la potestad de gobierno y en consecuencia disponiendo la actividad de los medios personales y utilización de los medios materiales, así mismo el artículo 33 del citado cuerpo normativo regula que, el Ministerio, por medio de acuerdos ministeriales emitirá las normas operativas de los órganos establecidos en este reglamento y otras ordenanzas para el cumplimiento de sus funciones.



**POR TANTO**

En ejercicio de las funciones que establecen los artículos, 194 de la Constitución Política de la República de Guatemala; 27 literales a), f) y m) y 29 bis, de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto número 114-97, del Congreso de la República de Guatemala; 5 y 33, del Acuerdo Gubernativo número 50-2015, Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

**ACUERDA**

**Artículo 1.** Aprobar la Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes.

**Artículo 2.** El Director de Gestión Ambiental y Recursos Naturales del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, bajo su estricta responsabilidad debe girar las instrucciones a donde corresponda, para que se efectúen los avisos, registros y actualizaciones necesarias, para darle cumplimiento a las presentes disposiciones.


**Artículo 3.** La Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes, es un instrumento de lineamientos metodológicos de carácter técnico, en cumplimiento a lo que establece la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, aprobada por medio del Acuerdo Gubernativo número 281-2015.

**Artículo 4.** Casos no previstos: Los casos no previstos dentro de la Guía objeto de aprobación, serán resueltos de conformidad con las normas y principios del Derecho Administrativo y Ambiental y el criterio técnico del Departamento para el Manejo de los Residuos y Desechos Sólidos de la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales de este Ministerio.

**Artículo 5.** Notifíquese el presente Acuerdo Ministerial al Viceministro Administrativo Financiero, al Viceministro de Ambiente, al Director de Gestión Ambiental y Recursos Naturales y al Jefe del Departamento para el Manejo de los Residuos y Desechos Sólidos, todos funcionarios del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

**Artículo 6.** El presente Acuerdo Ministerial surte sus efectos inmediatamente.

**COMUNÍQUESE**

  
 Lic. Alfonso Rafael Alonzo Vargas  
 Ministro  
 Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales





### **Autoridades**

Ministro de Ambiente y Recursos Naturales	Lic. Alfonso Rafael Alonzo Vargas
Viceministro de Ambiente	Ing. Magner Adolfo Estrada Barrera
Viceministro de Recursos Naturales y Cambio Climático	Ing. Agr. Carlos Walberto Ramos Salguero
Viceministro Administrativo Financiero	Lic. Julio Recinos Castañeda
Director de Gestión Ambiental y Recursos Naturales	MSc. Arq. Otoniel Barrios Toledo
Jefe del Departamento para el Manejo de los Residuos y Desechos Sólidos	Ing. Agr. Jorge Oswaldo Grande Carballo

### **Equipo de Trabajo**

Jefe del Departamento para el Manejo de los Residuos y Desechos Sólidos -DEMARDS-	Ing. Agr. Jorge Oswaldo Grande Carballo
Asesora del DEMARDS	MSc. Arq. Melissa Alvarez Barrientos (elaboración)
Asesora del DEMARDS	MA. Licda. Sandra América López Arango
Asesor del DEMARDS	Lic. Otto René Sandoval Calderón



## Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
<b>2. Objetivo</b>	<b>7</b>
<b>3. Requerimientos</b>	<b>7</b>
a. <i>Recurso Humano</i>	7
b. <i>Equipo y Herramienta</i>	7
c. <i>Instalaciones</i>	8
<b>4. Procedimiento para llevar a cabo la caracterización</b>	<b>9</b>
<i>Actividad Uno: Antecedentes</i>	9
<i>Actividad Dos: Socialización</i>	9
<i>Actividad Tres: Cálculo de la muestra</i>	10
<i>Actividad Cuatro: Selección de la Muestra</i>	11
<i>Actividad Cinco: Limpieza</i>	12
<i>Actividad Seis: Recolección de Muestras</i>	13
<i>Actividad Siete: Análisis de Muestras</i>	14
a. <i>Metodología para la medición del peso de las muestras</i>	14
b. <i>Producción Per Cápita por Día (PPC)</i>	15
c. <i>Prueba de composición física</i>	16
d. <i>Prueba de densidad de los residuos sólidos</i>	18
<b>Anexo No. 1: Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos</b>	<b>20</b>
<b>Anexo No. 2: Boleta de campo para la prueba de composición física</b>	<b>22</b>
<b>Anexo No. 3: Boleta de campo para la determinación de la densidad de los residuos sólidos</b>	<b>25</b>
<b>Anexo No. 4: Síntesis de las Actividades</b>	<b>26</b>
<b>Fuentes de Consulta</b>	<b>28</b>

# Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes

## 1. Introducción

La gestión integral de los residuos y desechos sólidos a nivel municipal implica conocer las características principales de los residuos con relación a la generación, composición y densidad, con el objetivo de diseñar de manera técnica y sustentable los sistemas de recolección, transporte y disposición final y creación de normas, entre otras acciones que fortalezcan la adecuada gestión.

Sin embargo, los métodos estándares de análisis de residuos sólidos desarrollados en los países con mayores ingresos son más complejos y podrían estar fuera del alcance en nuestro contexto nacional por la carencia de recursos disponibles.

La falta de una metodología aprobada y validada en campo que considere los diversos factores socioculturales influye en que estos estudios sean poco realizados, lo cual se evidencia en los resultados del Ranking de la Gestión Municipal 2016, donde solo el 16% de municipalidades indicaron que contaban con estudios de composición y caracterización de residuos y desechos sólidos.

La metodología que se presenta está basada en la integración de procesos metodológicos formulados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente -CEPIS- y con base a las Normas Mexicanas para la Protección al Ambiente; asimismo, validada en campo a través experiencias aprendidas en nueve estudios de caracterización realizados en diferentes municipios del país.

En cumplimiento de la “Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos,” Acuerdo Gubernativo No. 281-2015, con base en el “Programa de Fortalecimiento Institucional”, se establece la presente guía como una solución en apoyo de las municipalidades y mancomunidades.





## 2. Objetivo

Establecer los criterios en la realización de estudios de caracterización de residuos sólidos comunes para establecer la generación per cápita y la composición de la generación en los municipios que permitan ser fundamento en la toma de decisiones para la mejora de la gestión integral de residuos y desechos sólidos.

## 3. Requerimientos

Los requerimientos están en función del tamaño de la población; sin embargo, a un mayor número de personas, más supervisión. A continuación, se describen los recursos utilizados para trabajar:

### a. Recurso Humano

El recurso humano básicamente se identifica en tres tipos de perfiles descritos a continuación:

- **Tabuladores:** personal disponible para los 8 días que dura el estudio. Son los encargados en realizar la encuesta inicial a los usuarios y la manipulación de los residuos en todo el proceso.

Se recomienda personal, por lo menos con estudios medios, familiarizado en el tema y sin prejuicios para la manipulación de los residuos y con condición física.

- **Técnicos:** personal de apoyo al coordinador disponible durante los 8 días del estudio, encargado de la supervisión de las actividades para cerciorarse que estas se realizan adecuadamente y tabular los datos obtenidos en cada una de las mediciones. Estas personas deben conocer el área de recolección de las muestras, ya que serán los encargados de guiar la ruta para realizar la recolección.

- **Coordinador:** persona familiarizada con la gestión de residuos y desechos sólidos, que sea aceptado socialmente en el área de trabajo. Encargado de la supervisión de todas las actividades del estudio previo, durante y después del mismo.

### b. Equipo y Herramienta

El equipo y herramienta a considerar para el estudio es:

- 1 ó 2 picops para el recorrido y la recolección de las muestras.
- Toneles sin abolladuras y limpios con capacidad de 200 litros
- Palanganas de plástico de 10 litros
- Palas curvas
- Overoles
- Guantes



Fotografía 1. Recolección de residuos y desechos sólidos en Guatemala. Fotografía de Melissa Alvarez, 2018.

- Guantes
- Escobas
- Recogedores
- Botas de hule
- Mascarillas
- Cernidor de madera de 1m x 1.5m con malla de ½"
- Pesas de piso (capacidad mínima de 100 kg y precisión de 10 g o similar)
- Pesas sensibles (con capacidad mínima de 10 kg y precisión de 1 g o similar)
- Tableros tamaño carta u oficio.
- Marcadores de tinta permanente para marcar las bolsas
- Botes de pintura en spray o estampas
- Bolsas de polietileno de 0.70 m x 0.50 m y calibre mínimo del No. 200
- Ligas de hule gruesas para cerrar bolsas
- Papelería y varios

El equipo requerido antes descrito es de acuerdo con el número de personas que participen en el estudio.

### c. Instalaciones

Para poder llevar a cabo el estudio se requiere de un espacio físico cercano a los estratos identificados, techado y que cuente con ventilación (pero que no se produzcan ráfagas de viento que vuele los residuos); se requiere que sea un piso liso (no de tierra para evitar mezcla o pérdida de residuos), que los camiones puedan ingresar fácilmente y que cuente con servicios sanitarios para el personal.



**Fotografía 2.** La selección del lugar es importante para poder realizar con condiciones adecuadas las acciones. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

## 4. Procedimiento para llevar a cabo la caracterización

### Actividad Uno: Antecedentes

La recolección de residuos y desechos sólidos es competencia de las municipalidades; sin embargo, dicha responsabilidad puede ser concesionada o, en algunos casos, adquirida por terceros. Por ello, previo a iniciar estas actividades es indispensable tener información que permita conocer las generalidades de las mismas debido a que es un proceso que conlleva muchas fases y por ende la identificación de los actores e información de la operatividad es de suma importancia.

### Actividad Dos: Socialización

Previo a iniciar con la caracterización de los residuos sólidos en el municipio; se debe realizar una socialización del proyecto con representantes de los diferentes grupos involucrados en la gestión, como por ejemplo:

- Consejo Municipal de Desarrollo -COMUDE-
- Consejo Comunitario de Desarrollo -COCODE-
- Comité Único de Barrio -CUB-
- Asociación de Recolectores
- Personal de la Municipalidad
- Población en general

Es importante aprovechar los espacios de grupos organizados y canales de comunicación locales (radio, televisión y escritos) para generar una mayor participación comunitaria propiciando una buena comunicación; asimismo, permitirá confirmar o fortalecer la información previamente recolectada.



Fotografía 3. Es importante considerar dentro de la socialización, a las personas relacionadas con el sistema de recolección y disposición final, para generar una buena comunicación. Fotografía: Melissa Alvarez, 2015.

**Actividad Tres: Cálculo de la muestra**

Para la selección de la población a participar se deben identificar las viviendas particulares y establecimientos comerciales que entren en el área de estudio. Para ello se realiza la división de la población en estratos socioeconómicos; esto se hace definiendo por lo menos los siguientes estratos:

- i. **Estrato socioeconómico Alto**
- ii. **Estrato socioeconómico Medio**
- iii. **Estrato socioeconómico Bajo**

En algunos casos de la república de Guatemala es difícil poder establecer demarcación idónea de los estratos, ya que las colonias no están separadas. En este caso se trabajará dos o tres estratos, según sea el caso, en una misma muestra, a la cual se le identificará como **Estrato mixto**.

Para conocer el número de muestras de cada estrato socioeconómico se necesita calcular el número de muestras (viviendas):

**Tabla 1. Número de muestras (viviendas) para la determinación de la producción per cápita -PPC- de cada estrato socioeconómico. Se identifica en negrilla los datos para primeros estudios de caracterización.**

		Desviación estándar* de las muestras del estrato en cuestión (gr/hab/día)				
		50	100	150	<b>200</b>	250
No. Total de viviendas del estrato en cuestión	500	3.8	14.9	32.3	<b>54.7</b>	80.6
	1,000	3.8	15.1	33.4	<b>57.9</b>	87.6
	5,000	3.8	15.3	34.3	<b>60.7</b>	94.2
	10,000	3.8	15.3	34.5	<b>61.1</b>	95.1
	>10,000	3.8	15.4	34.6	<b>61.4</b>	95.9

Fuente: Dr. Kunitoshi Sakurai. "Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos". En La Web: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html#1703> (24/01/2017).

Por ejemplo, si el número total de viviendas es de 500 y la desviación estándar de las muestras del estrato en cuestión, a través de un estudio anteriormente realizado, determina que se genera 100 gr/hab./día, sería suficiente la toma de 15 (>14.9) muestras (viviendas). Si no se cuenta con datos de estudios anteriores, se recomienda el uso de 200gr/hab/día como desviación estándar. Se recomienda que se aumente un 25% de la muestra estimada, ya que en el proceso es posible que varios hogares ya no deseen seguir participando, lo que alteraría los resultados. Asimismo, en el caso de la obtención de datos poblacionales, se debe considerar la información oficial del Instituto Nacional de Estadística -INE-

<sup>1</sup>dem.

### Actividad Cuatro: Selección de la Muestra

La muestra se selecciona por el método de muestreo simple aleatorio, que consiste en escoger de las unidades muestrales un total de viviendas, de tal modo que cada una tenga la misma posibilidad de ser escogida.

Esto se realiza con una tabla de números aleatorios desde el 1 hasta el número de viviendas en un recipiente, mezclándolos y tomando al azar el número de muestras ya definido anteriormente.

Para ello, es importante contar con un plano del área donde serán identificadas las viviendas elegidas para el estudio de caracterización.



**Fotografía 4.** Es necesario que el personal se encuentre identificado y abierto a comunicación con las personas del área de muestra con el fin de facilitar el proceso y para procurar el apoyo de las personas participantes. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

Las personas que participarán en la recolección de los residuos deberán estar debidamente identificadas y tendrán el primer acercamiento con las viviendas seleccionadas aleatoriamente. En cada vivienda solicitarán ser atendidos por algún representante mayor de edad a quien le explicarán sobre el proyecto y los beneficios que se obtendrán, indicando la importancia de la participación ciudadana para la solución de la problemática de los residuos y desechos sólidos.

Al no contar con el apoyo de la vivienda, se escoge otra vivienda inmediata a esta. De contar con el apoyo de la familia, se procede a realizar una encuesta para recopilar datos básicos que permitan determinar datos puntuales como: ubicación de la vivienda, número de personas por familia, sistema de recolección de desechos y residuos, tipos de residuos y desechos especiales, entre otros (ver anexo 1. Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos por domicilio).

A cada una de las viviendas elegidas se les indicará las instrucciones para apoyar en el estudio de caracterización, siendo principalmente las siguientes:

1. Se identificará con un código las viviendas en la parte frontal con espray o una calcomanía.
2. Se recolectará durante 8 días consecutivos los desechos y residuos.
3. Se entregará a las viviendas una bolsa plástica negra cada día para disponer de los desechos y residuos sólidos (no entregar las 8 bolsas pues en ocasiones las utilizan para otros fines o ya no apoyan).
4. Se solicitará a los habitantes de la vivienda que entreguen la bolsa con los residuos a las personas asignadas del programa para su recolección, quienes tocarán la puerta. No se recomienda que las coloquen afuera, ya que en algunas ocasiones los del servicio de recolección municipal las recogen antes.
5. Se solicitará que coloquen en la bolsa solo residuos domiciliarios generados en la vivienda y no proveniente de otros lados.
6. En el caso de no poder atender a la hora de la recolección, se les solicitará dejar la bolsa colgada en el balcón de la ventana o puerta de ser posible, para evitar que animales rompan las muestras.
7. Se les explicará que es un estudio que durará 8 días y que posteriormente se debe continuar con el servicio de recolección normal.

### Actividad Cinco: Limpieza

El primer día de recolección se considera que los datos no son fidedignos porque por lo general introducen más residuos y desechos de los habituales. Dado lo anterior, se recolectan las bolsas y se disponen directamente en el relleno sanitario municipal.

Para fortalecer la campaña de socialización se sugiere que durante el proceso de caracterización y del transporte, el personal involucrado en las actividades esté debidamente identificado.



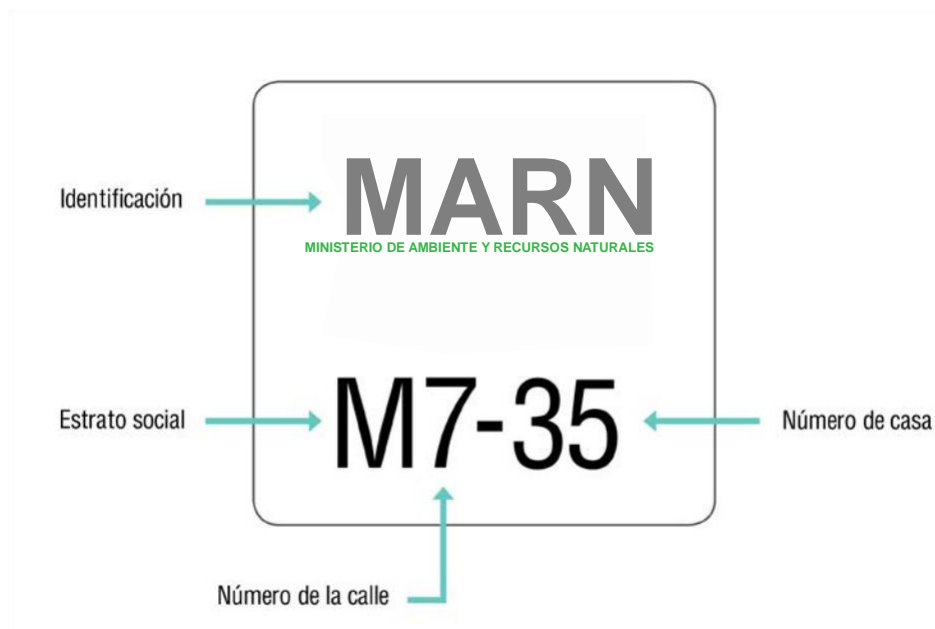
**Fotografía 5.** Para la adecuada identificación del proyecto de estudio se recomienda la identificación del personal y de los vehículos. Esto brindará seguridad a la sociedad, en especial la que forma parte de la muestra. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango, por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

**Actividad Seis: Recolección de Muestras**

La recolección de las muestras es por estrato, para evitar que las bolsas se confundan (esto no aplica si es estrato mixto). Se recomienda que por medio de un llamado (la bocina del picop o megáfono) se anuncie que en ese momento se está realizando la recolección de las bolsas; esto reducirá notablemente el tiempo.

Las bolsas deben ser identificadas según el código de vivienda, con un marcador permanente en la bolsa; esto servirá para identificar la procedencia, continuidad de la participación de las viviendas y el peso de cada bolsa para ser registrada en la boleta (ver anexo No.1 Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos).

El código de vivienda y el método de identificación (espray o estampa) puede ser elegido según la situación del área de estudio y los requerimientos socioculturales; sin embargo, se puede proponer que sea alfanumérico, identificando inicialmente con una letra el estrato analizado “A, M y B” (Alto, Medio y Bajo), seguido por el número de la calle inicialmente identificado en el plano, seguido por el número de casa. Si se utilizan estampas, se sugiere aprovechar material gráfico para la identificación de la organización o institución que está realizando el estudio. A continuación se presenta un ejemplo:



**Imagen 1. Método Propuesto de identificación para viviendas con calcomanía.** Imagen elaborada por la Unidad de Relaciones Públicas y Protocolo MARN. 2018.

La identificación de las viviendas con espray o con calcomanía debe ser en un lugar visible para que sea más fácil la identificación de las muestras en la recolección. No se recomienda la recolección de dos o más estratos al mismo tiempo, ya que se complica la separación de las muestras.



**Fotografía 6.** Como experiencia aprendida en un caso de estudio, se identificaron las viviendas con espray en las banquetas. Algunos vecinos que no estaban enterados de los estudios de caracterización limpiaron las banquetas, lo que complicó la recolección el día siguiente. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango, por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

### *Actividad Siete: Análisis de Muestras*

#### *a. Metodología para la medición del peso de las muestras*

Cuando se inicia el proceso se debe registrar en un cuadro el peso de cada bolsa con base a la identificación del código de cada vivienda que se realiza con marcador permanente sobre la bolsa en el momento de recibirla; esto permitirá tabular los datos del peso adecuadamente durante los siete días (ver anexo No.1 Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos).

Las bolsas no pueden ser pesadas directamente sobre las pesas de pie, debido que por su consistencia el contenido se esparce fuera de la pesa y no registra el peso real. Para el peso de las muestras en las diferentes etapas del análisis se debe considerar el siguiente sistema:

- La pesa debe estar calibrada en cero.
- Se debe colocar el recipiente vacío donde será colocada la bolsa o los residuos y obtener el peso del mismo.
- Posteriormente se colocará la bolsa dentro del recipiente. Al dato obtenido se le restará el peso del recipiente, dando como resultado el peso real de los residuos.

Es importante mencionar que el recipiente debe descansar completamente sobre la pesa y no debe tocar la superficie del piso, ya que altera el dato.

En la mayoría de las ocasiones es necesario tarar la pesa; este proceso consiste en colocar el recipiente sobre la pesa y poner la calibración de la pesa en cero o, en caso de las pesas digitales, programarlas para que no reconozca el peso del recipiente. Se debe conocer muy bien una pesa para poder tararla y evitar que los datos sean incorrectos.





**Fotografía 7.** En el momento de pesar las muestras en los diferentes procesos las muestras deben descansar completamente dentro de la balanza y no deben tocar otra superficie ni ser sostenidas por el personal. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango, por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

En algunos casos el peso de la muestra es menor a lo que podría registrar una pesa de pie; es por ello que se sugiere tener dos tipos de pesas, una para pesos mayores a un kilo y otra para pesos menores de un kilo.

### *b. Producción Per Cápita por Día (PPC)*

El PPC se entiende como la producción de residuos generados por persona en el lapso de un día. Para obtener este dato, se requiere el registro de la muestra diaria de cada vivienda del día 2 al 8, recapitulando que el primer día no se contempla para efectos de tabulación de datos, puesto que hay una variación destacada dentro de ese plazo. Es importante que las muestras a considerar en este apartado sean las viviendas que participaron consecutivamente los 7 días a considerar, ya que de no ser así se alteraría el resultado (ver anexo No.1 Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos).

Para obtener el PPC se registra el peso de la muestra por vivienda según el método mencionado anteriormente. Se procede a sumar el peso de todas las muestras de las viviendas (libras) de todos los estratos (bajo, medio y alto) y este se divide por el número de habitantes que residen en las viviendas (personas). Este dato, a su vez, es dividido por el número de días que fueron recolectadas las muestras y el resultado nos indicará el PPC.

$$PPC = \left( \frac{\text{Peso total de las muestras (libras o kilos)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} \right) * 1/7 \text{ días}$$

**c. Prueba de composición física**

El procedimiento a emplear para establecer la composición física de los residuos sólidos se realiza de la siguiente manera:

1. Se saca el contenido de todas las bolsas del estrato definido y se vierten en un área donde se mezclan con la ayuda de palas.
2. Después de mezclar los residuos sólidos, se procede a dividir en cuatro partes lo más equitativamente posibles.
3. Se seleccionan dos cuartetos opuestos y se retiran los otros dos restantes, a modo de reducir la muestra.
4. Se vuelven a mezclar los residuos sólidos para realizar un nuevo cuarteo, y extraer nuevamente dos cuarteros opuestos de la muestra.

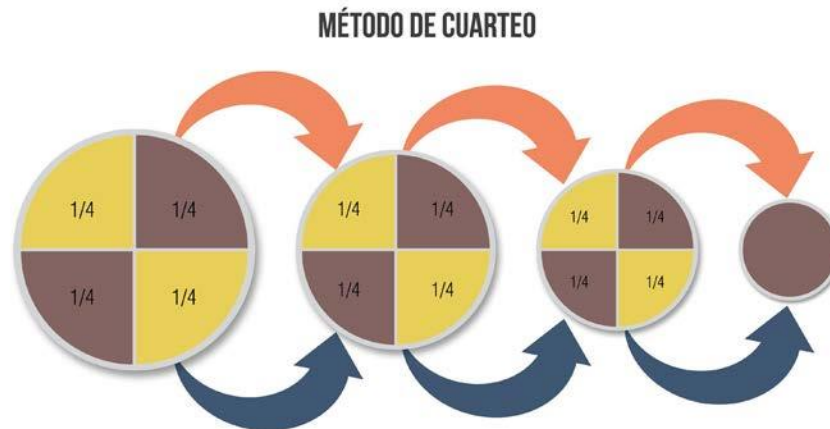


Imagen 2. Método de cuarteo de residuos sólidos comunes para la reducción del tamaño de muestra. Imagen elaborada por la Unidad de Relaciones Públicas y Protocolo MARN. 2018.

5. Repetir el procedimiento de cuarteo hasta obtener una muestra de aproximadamente de 100 libras (sin considerar el peso del tonel) que será utilizada para realizar la composición de los residuos sólidos.
6. Al contar con la muestra se clasifican según el tipo de residuo (ver Anexo No. 2):
  - ✓ orgánico
  - ✓ papel y cartón
  - ✓ plástico
  - ✓ vidrio
  - ✓ material ferroso
  - ✓ material no ferroso
  - ✓ varios (caucho, cuero, tierra, etc.)
  - ✓ desechos sanitarios
  - ✓ peligrosos
  - ✓ especiales



Figura 8. Para la etapa de cuarteo se requiere que las personas tengan su equipo de seguridad. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango, por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

7. Al clasificar según el tipo de residuo se pesa cada uno por separado, considerando que los volúmenes pequeños se deben de pesar en una balanza más sensible como, por ejemplo, las que son utilizadas para pesar alimentos a granel (ver fotografía 7).
8. Luego de obtener el peso de cada residuo y con base al peso inicial de la muestra de cuarteo, se saca el porcentaje de cada residuo. Este cálculo es diario, al finalizar los siete días de estudio, se procede a promediar los datos obtenidos para tener una muestra representativa por tipo de residuo (ver Anexo No. 2 Boleta de campo para la prueba de composición física).

$$\text{Porcentaje \% por día} = \left( \frac{\text{Peso de cada residuo clasificado}}{\text{Peso total de la muestra del cuarteo}} \right) * 100$$

Posterior a ello se limpia el área para evitar confusión de residuos y se procede a repetir el procedimiento con el siguiente estrato social.



**Fotografía 9.** En el caso del pesaje del tonel se podrá requerir en algunos casos (según el tipo de tonel y de pesa) la utilización de una tabla que amplíe el área de la pesa para que el tonel descansa completamente sobre la pesa. Si este es el caso, se debe considerar tarar la tabla utilizada para evitar un dato mayor al real. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango, por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

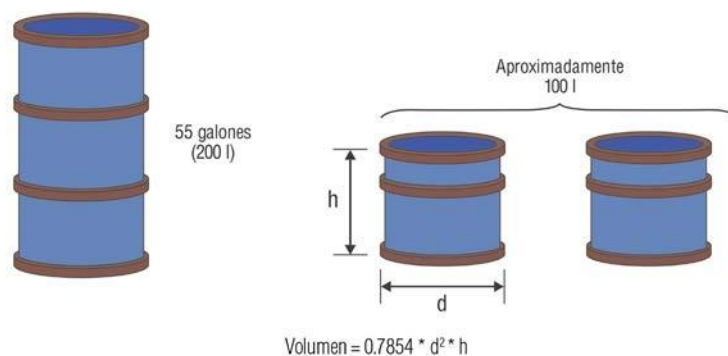


**Fotografía 10 y 11.** Se identifican dos momentos en la separación de los residuos; en la primera se separan los residuos de mayor volumen y cantidad; en el segundo se barren los residuos más pequeños y se colocan sobre el cernidor donde se requiere una mayor precisión y análisis. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango, por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

#### d. Prueba de densidad de los residuos sólidos

En el momento que se está realizando el primer cuarteo se aprovecha para realizar el siguiente cálculo que nos permitirá conocer el peso de los residuos que caben en un metro cúbico (Anexo No. 3 Boleta de campo para la determinación de la densidad de los residuos sólidos). El procedimiento se describe a continuación:

1. Se determina el volumen del tonel utilizado, aplicando la siguiente fórmula:



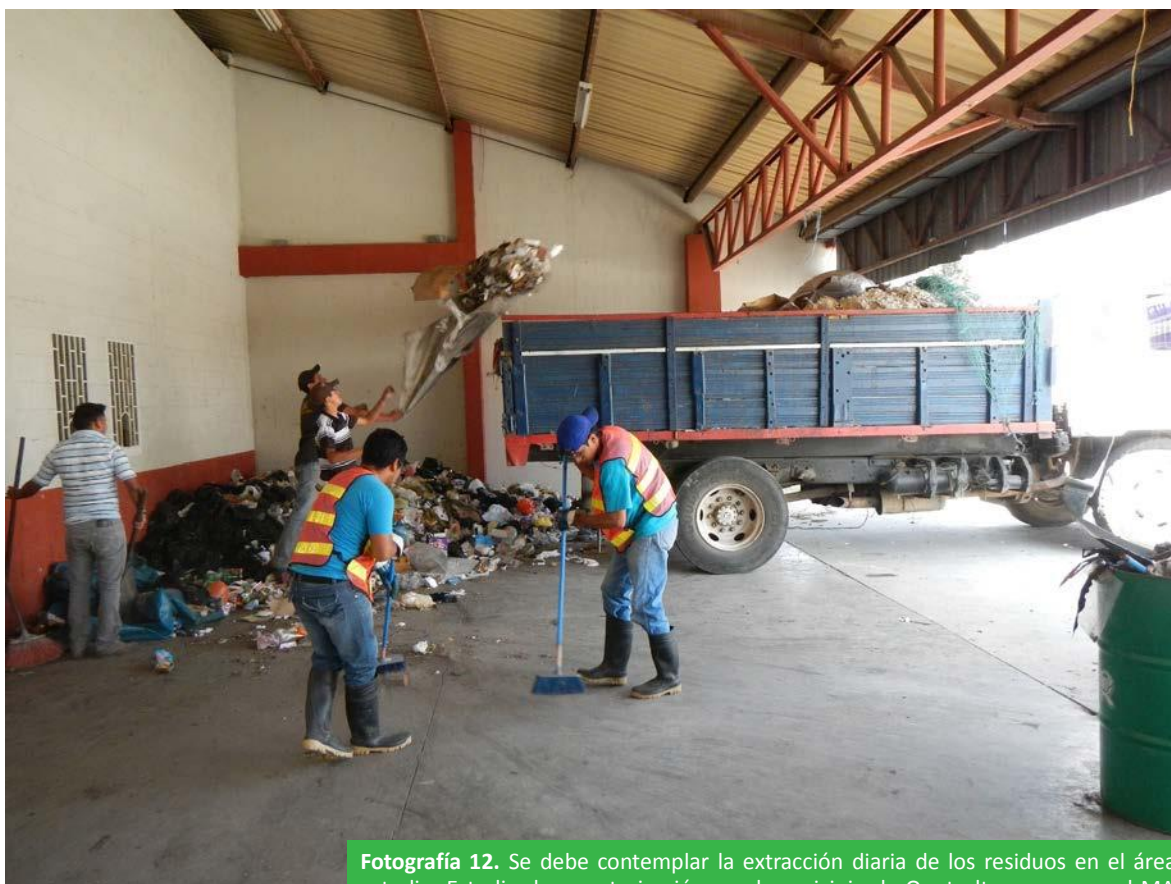
**Imagen 3. Prueba de densidad de los residuos sólidos con base al volumen de un tonel.** Imagen elaborada con base a la Hoja de Trabajo HDT-CEPIS No.97 por la Unidad de Relaciones Públicas y Protocolo MARN. 2018.

2. Después de mezclar los residuos previo al primer cuarteo, se llena el tonel hasta el borde sin hacer presión dentro del mismo. Cuando el tonel está lleno, se golpea el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm para que los residuos se asienten.

3. Nuevamente se agregan los residuos sólidos hasta llegar a la capacidad total del tonel, teniendo cuidado de no presionar al colocarlos; esto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.
4. Se sube el tonel en la pesa y se anota el peso registrado (tener precaución de no considerar el peso del tonel).
5. El dato del peso de los residuos dividido por el volumen del tonel nos dará la densidad de los residuos.

$$\text{Densidad} = \left( \frac{\text{Peso de los residuos de un tonel (lb)}}{\text{Volumen del tonel (m}^3\text{)}} \right)$$

**Nota:** cuando no se tenga suficiente cantidad de residuos sólidos para llenar el recipiente se marca en éste la altura alcanzada y se determina dicho volumen.



**Fotografía 12.** Se debe contemplar la extracción diaria de los residuos en el área de estudio. Estudio de caracterización en el municipio de Quetzaltenango, por el MARN. Fotografía: Melissa Alvarez, 2014.

## ANEXO No. 1

### BOLETA DE CAMPO PARA MUESTREO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

1. NOMBRE DEL ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_

2. LOCALIDAD: \_\_\_\_\_ No. DE MUESTRA: \_\_\_\_\_

3. ESTRATO SOCIOECONÓMICO:  Estrato Alto  Estrato Medio  Estrato Bajo

4. DATOS DEL DOMICILIO SELECCIONADO:

Calle o avenida: \_\_\_\_\_

Número Casa: \_\_\_\_\_

Colonia: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

No. de habitantes en la vivienda: \_\_\_\_\_

5. ¿QUÉ TIPO DE RECIPIENTE UTILIZA PARA ALMACENAR SUS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA)?

Bolsa plástica  Costal  Caja de cartón  Otro, indique: \_\_\_\_\_

6. ¿CON QUE FRECUENCIA RECOGEN SUS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA)?

1 por semana  2 por semana  3 por semana  Otro, indique: \_\_\_\_\_

7. ¿QUÉ HACE CON LOS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA) SI NO PASA EL CAMIÓN?

Quemar  Enterrar  Tirar  Otro, indique: \_\_\_\_\_

8. ¿QUÉ OPINA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN?

BUENO  MALO  REGULAR

### 9. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS DOMICILIARIOS

9. GENERACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS PELIGROSOS DOMICILIARIOS									
	Pieza								
	Pieza								
	Pieza								
	Pieza								
	Galones								
	Galones								
	Pieza								
	Pieza								

\* Televisiones, radios, celulares, planchas, microondas, computadoras

### 10. INVENTARIO DE LA GENERACIÓN POR DÍA

No.	Fecha	Peso total de los residuos (kg) en la vivienda	Generación per-cápita (kg/hab/día)*	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

\*La generación per cápita es obtenida de la división del peso total de los residuos generados en el día en la vivienda (muestra) por el número de habitantes en la vivienda.

## ANEXO No. 2

### BOLETA DE CAMPO PARA LA PRUEBA DE COMPOSICIÓN FÍSICA

LOCALIDAD/MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ HORA DEL ANÁLISIS: \_\_\_\_\_

ESTRATO SOCIOECONÓMICO: \_\_\_\_\_ PESO DE LA MUESTRA: \_\_\_\_\_ kg

TARA DEL RECIPIENTE\*<sup>1</sup>: \_\_\_\_\_ kg RESPONSABLE DEL ANÁLISIS: \_\_\_\_\_

DEPENDENCIA O INSTITUCIÓN: \_\_\_\_\_

#### CLASIFICACIÓN RESIDUOS Y DESECHOS POR CATEGORÍAS

A. ORGÁNICO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Residuos de alimentos			
	Residuos de jardinería			
	Hueso			
<b>Total</b>				

B. PAPEL Y CARTÓN				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Papel			
	Cartón			
	Envase de cartón encerado			
<b>Total</b>				

C. PLÁSTICO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Plástico elástica			
	Plástico rígido			
	PET			
	Poliuretano			
	Poliestireno expandido			
<b>Total</b>				

<sup>1</sup> \*Entiéndase “recipiente” a la bolsa, costal, entre otros que contiene los residuos para pesar.



D. VIDRIO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Vidrio de color			
	Vidrio transparente			
<b>Total</b>				

E. MATERIAL FERROSO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Material ferroso			
	Lata			
<b>Total</b>				

F. MATERIAL NO FERROSO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Material no ferroso			
	Lata de aluminio			
<b>Total</b>				

G. VARIOS				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Loza y cerámica			
	Madera			
	Hule			
	Tetrapack			
	Cuero			
	Algodón			
	Trapo			
	Fibra dura vegetal (esclerenquima)			
	Fibra sintético			
	Residuo fino (que pase la criba M 2.00)			
<b>Total</b>				

H. DESECHOS SANITARIOS				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Papel sanitario			
	Pañal desechable			
<b>Total</b>				

I. PELIGROSOS				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Pilas alcalinas			
	Pilas de litio			
	Pilas de mercurio			
	Pilas recargables			
	Baterías y acumuladores			
	Aceites y lubricantes			
	Focos incandescentes			
	Focos ahorradores			
	Lámparas fluorescentes			
	Pinturas y solventes			
	Insecticidas y productos de limpieza			
	Medicamentos caducos			
	Jeringas, lancetas, rastrillos			
	Gasas y algodones con restos de			
	Sangre			
	Material de diálisis			
	Termómetros			
<b>Total</b>				

J. ESPECIALES				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Electrodomésticos			
	Tecnológicos (computadoras, celulares etc.)			
	Material de construcción			
<b>Total</b>				

### ANEXO No. 3

#### BOLETA DE CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

LOCALIDAD/MUNICIPIO \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO \_\_\_\_\_

FECHA Y HORA DE LA DETERMINACIÓN \_\_\_\_\_

ESTRATO SOCIOECONÓMICO MUESTREADO \_\_\_\_\_

CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS IMPERANTES DURANTE LA DETERMINACIÓN

\_\_\_\_\_

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 los residuos): \_\_\_\_\_ kg

PESO NETO DE LOS RESIDUOS (peso bruto - tara): \_\_\_\_\_ kg

PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU" DE LOS RESIDUOS: \_\_\_\_\_ kg/ m<sup>3</sup>

RESPONSABLE DE LA DETERMINACIÓN:

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

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

Dependencia/Institución \_\_\_\_\_

Observaciones:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ANEXO No. 4

### Síntesis de las Actividades



Actividad Uno: Antecedentes

...la identificación de los actores e información de la operatividad es de suma importancia.



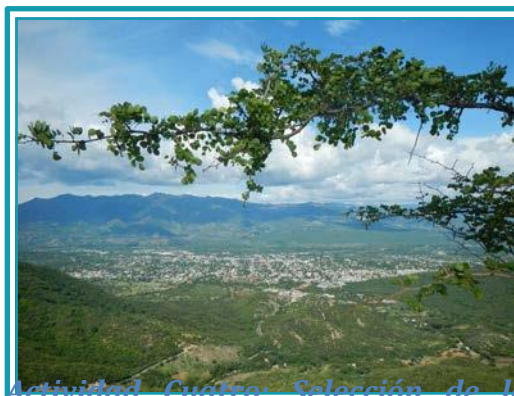
Actividad Dos: Antecedentes

...se debe realizar una socialización del proyecto con representantes de los diferentes grupos involucrados en la gestión...



Actividad Tres: Cálculo de la muestra

...se realiza la división de la población en estratos socioeconómicos...



Actividad Cuatro: Selección de la muestra

...es importante contar con un plano del área donde serán identificadas las viviendas elegidas...



**Actividad Cinco: Limpieza**

El primer día de recolección se considera que los datos no son fidedignos...



**Actividad Seis: Recolección de Muestras**

La recolección de las muestras es por estrato, para evitar que las bolsas se confundan.



**Actividad Siete: Análisis de Muestras**

- a. Metodología para la medición del peso de las muestras
- b. Producción Per Cápita por Día (PPC)
- c. Prueba de composición física
- d. Prueba de densidad de los residuos sólidos

## Fuentes de Consulta

**Diagnóstico del Proyecto Plan Nacional.** Proyecto ATN-MA-12949-GU, BID 2014.

**Método sencillo del análisis de residuos sólidos.** Dr. Kunitoshi Sakurai. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS. Hojas de Divulgación Técnica HDT - No 17. <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>

**Norma Mexicana NMX-AA-19-1985.** Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales - Peso Volumétrico “In Situ”. Centro de Calidad Ambiental.

**Norma Mexicana NMX-AA-61-1985.** Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de la Generación. Centro de Calidad Ambiental.

**Norma Mexicana NMX-AA-15-1985.** Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Muestreo. Método Cuarteo.

**Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos.** Acuerdo Gubernativo No. 281-2015.

**Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos.** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS. Hojas de Divulgación Técnica HDT - No 97, Junio 2005.