



**Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en el
Manejo Integral de los Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la
República Dominicana**

Manual de Caracterización Y Proyección de los Residuos Sólidos Municipales

Mayo 2017



NIPPON KOEI

GLOSARIO Y LISTA DE ABREVIATURAS

ADN	Ayuntamiento del Distrito Nacional
APP	Asociación Pública-Privada
CCN-GIRESOL	Comité Coordinador Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos
CONARE	Comisión Nacional para la Reforma del Estado
ET	Estación de Transferencia
FEDOMU	Federación Dominicana de Municipios
GIS	Sistema de Información Geográfica
GIRS	Gestión Integral de residuos sólidos
MEPyD	Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo
MIREX	Ministerio de Relaciones Exteriores
MIRS	Manejo Integral de residuos sólidos
MRS	Manejo de Residuos Sólidos
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PO	Plan de Operaciones
PPC	Producción per Cápita
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente
RS	Residuos sólidos
RSM	Residuos sólidos municipales
RSU	Residuos sólidos urbanos
SEMARNAT	Secretaría Mexicana de Medio Ambiente y Recursos Naturales

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	1
PARTE I.....	3
1 GENERALIDADES.....	3
1.1 Situación Actual de los Residuos Sólidos en la República Dominicana.....	3
1.2 Conceptos Básicos	6
PARTE II.....	20
2 PLANIFICACIÓN.....	20
2.1 Etapas Para La Elaboración De Un Estudio De Caracterización.....	20
2.2 Secuencia Lógica de Intervención para la realización del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos.	43
2.3 Análisis y procesamientos de los resultados.....	45
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición física de los residuos sólidos	8
Tabla 2 Ejemplo Cantidad de Residuos para quince años.....	16
Tabla 3 Estrato socioeconómico	26
Tabla 4 No. de Viviendas por Estrato socioeconómico	27
Tabla 5. Porcentaje de Viviendas por Estrato socioeconómico.....	28
Tabla 6 Cuadro relación de los principales Fuentes de Generación del municipio.	28
Tabla 7 Equipo Técnico, perfil y funciones para el estudio	31
Tabla 8 Recursos Humanos y Logística necesarios	32
Tabla 9 Modelo de Formato de Rotulación	34

Tabla 10	Medidas de seguridad requeridas por tarea.....	35
Tabla 11	Formato para pesaje de los residuos sólidos domiciliarios.....	46
Tabla 12	Formato pesaje de los residuos sólidos comerciales	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de Localización de Vertederos.....	4
Figura 2	Generación estimada a nivel Nacional en Rep. Dom, 2015.	5
Figura 3	Ejemplo de Estimación con fórmula lineal	14
Figura 4	Estimación de la población futura, utilizando Excel	15
Figura 5	Secuencia para el flujo de los residuos	17
Figura 6	Flujo actual de los residuos, caso Municipio de Moca 2016.....	18
Figura 7	Flujograma total de residuos	19
Figura 8	Ejemplo de un cronograma de actividades para el estudio de caracterización	21
Figura 9	Distribución de la muestra por estratos socioeconómicos	27
Figura 10	Sectores de distribución de las muestras	30
Figura 11	Diseño de la ruta de recolección de bolsas preliminar.....	36
Figura 12	Cálculo densidad para un tanque	40
Figura 13	Segregación del material para conocer la composición.....	41
Figura 14	Cuarteo de la muestra.	42
Figura 15	Secuencia lógica de intervención para la caracterización R.S.	44

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para Viviendas.

Anexo 2. Presupuesto de Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos
Municipales.

Anexo 3. Formato Composición Física de Residuos Sólidos

Anexo 4. Formato Densidad Residuos Sólidos

PRESENTACIÓN

La elaboración de un Plan para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos –GIRS-, conlleva una serie de pasos de igual importancia cada uno. Luego de conocido el marco legal y las políticas sobre las cuales se trabajará, el primer paso es la elaboración de un Estudio de Caracterización y Proyección de los Residuos Sólidos, objeto del presente Manual. Este manual está estructurado en dos partes: la primera parte contiene las generalidades sobre la situación de los residuos sólidos, y la segunda contiene la planificación y metodología para la realización de dicho estudio. En el mismo, se analizarán las unidades de generación, características, composición y proyección de los residuos sólidos, con la finalidad de generar los instrumentos básicos para la elaboración del Plan GIRS de un municipio.

Todos los residuos sólidos no tienen las mismas características. El volumen y tipo de residuos que se genera en las ciudades pequeñas y poblados rurales pueden variar de comunidad en comunidad y son diferentes a los producidos en las grandes ciudades. Las características dependen de la actividad que los genera y es conveniente conocer el tipo y volumen de residuos que produce cada actividad para desarrollar métodos de manejo apropiados (OPS, 1997). Existen diferentes parámetros que se toman en cuenta para medir la cantidad de residuos sólidos que se generan en los diferentes estratos de la sociedad.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha elaborado este manual de caracterización de los residuos sólidos municipales, como un importante instrumento de gestión para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales.

Objetivos

El objetivo del presente manual es generar los instrumentos básicos para el desarrollo de un estudio de caracterización de residuos sólidos municipales mediante una serie de pautas metodológicas que describen en forma clara y

sencilla los pasos a seguir para la obtención de la información sobre las características y proyección cualitativa y cuantitativa de los residuos sólidos, tales como: la generación per cápita, peso, volumen, densidad, humedad y composición física de residuos sólidos, de los residuos sólidos municipales.

PARTE I

1 GENERALIDADES

1.1 Situación Actual de los Residuos Sólidos en la República Dominicana

Al momento de tomar decisiones en la gestión integral de los residuos sólidos es de vital importancia tener una caracterización para saber qué tenemos, con qué contamos y qué necesitamos. Por ejemplo, sabiendo cuanto genera cada persona y cada una de las actividades que se producen en el territorio, se puede calcular la tasa de cobros de arbitrios. La caracterización es la base principal para la elaboración de los planes municipales, y a la vez una herramienta para obtener resultados.

En el año 2008 surge el Comité Coordinador Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos - CCN-GIRESOL-, en el marco de la Cooperación Triangular entre México, Alemania y la República Dominicana, cuyo objetivo fue crear la red y capacitar recursos humanos con los conocimientos necesarios para ofrecer capacitación y asesoría a los municipios del país; El primer convenio de cooperación se firma el 27 de marzo del 2008 con la participación de instituciones dominicanas con mandatos, responsabilidades y competencias en el tema: Ministerio de Medio Ambiente, el Vice Ministerio de Cooperación Internacional del MEPyD, MIREX, CONARE y FEDOMU. Y las instituciones de México: SEMARNAT, Alemania: Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ) y la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ). Siendo necesaria la participación de otras instituciones relevantes en el tema, fueron incluidas las instituciones dominicanas Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Educación (MINERD), La Liga Municipal Dominicana (LMD) y la Red Nacional de Apoyo Empresarial a la Protección Ambiental (EcoRed).

Desde entonces el conjunto de instituciones que conforman dicho Comité se avocaron a capacitar promotores ambientales, a nivel nacional con el fin de

transferir conocimientos y capacidades a nivel local para fortalecer la elaboración de diagnósticos, realización de los planes de manejo de residuos sólidos, intercambio de experiencias, constituyéndose en agentes de cambio y de referentes para otras comunidades.

Como resultado de las capacitaciones a los promotores ambientales, se realizó un levantamiento de información a nivel nacional, georreferenciando 235 sitios de disposición final de aproximadamente 350 que existen en la actualidad.

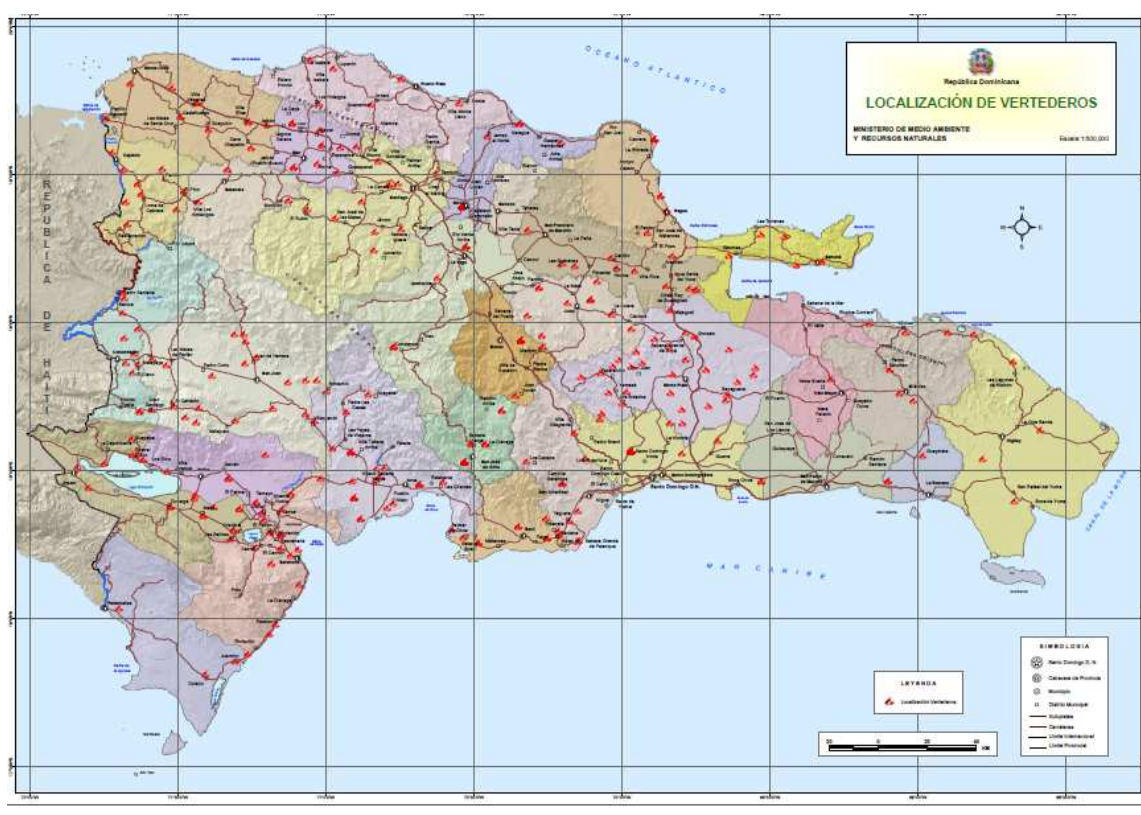
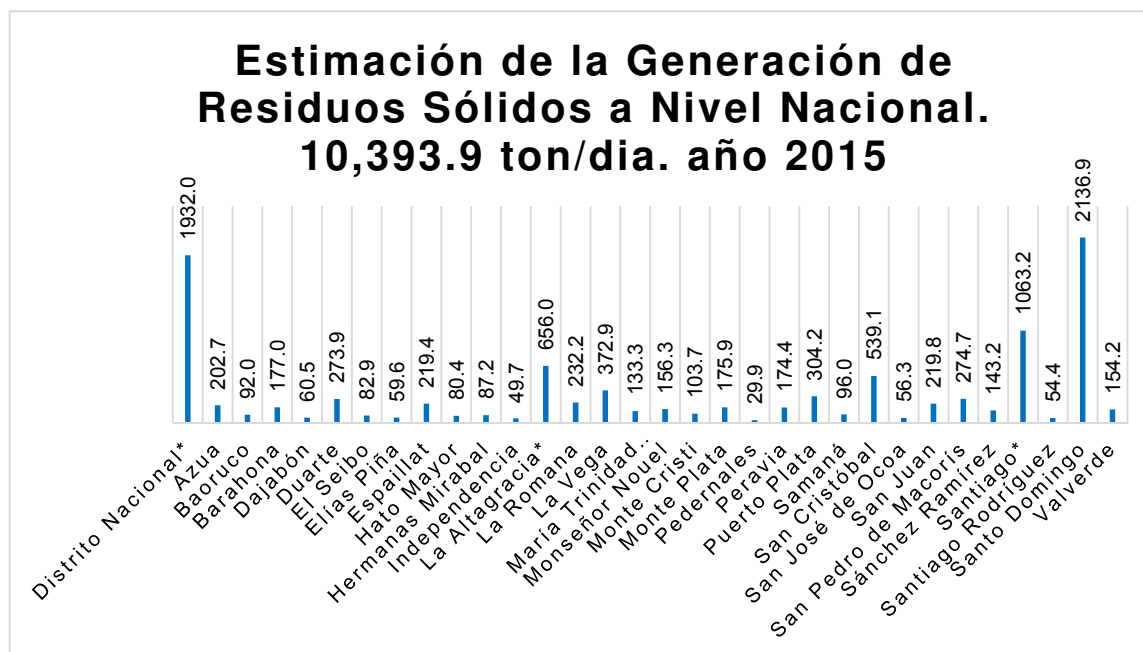


Figura 1 Mapa de Localización de Vertederos

En la siguiente gráfica se muestra una estimación de la cantidad de residuos sólidos que genera cada provincia, tomando como referencia para su estimación la población del censo 2010 y su proyección al año 2015, un análisis de la realidad territorial basado en la experiencias y visitas de campo realizadas por diversos técnicos del Ministerio de Medio Ambiente, un promedio de la generación per-cápita arrojada por diversos estudios locales (0.9). En la provincia la Altagracia

(Bávaro, Verón Punta Cana), se estima en base a la recolección municipal y hotelera. En la provincia de Santo Domingo, Santiago y el Distrito Nacional los datos son en base al pesaje de los residuos que llega a los dos principales vertederos (Duquesa y Rafey). Se estima que a nivel nacional la generación de residuos para el año 2015 fue de 10,393.9 toneladas por día (ton/día).



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

Figura 2 Generación estimada a nivel Nacional en Rep. Dom, 2015.

De acuerdo a la normativa vigente, los ayuntamientos son responsables del manejo de residuos sólidos municipales (ley 176-07), sin embargo, la mayoría de ellos no cuenta con los recursos requeridos para cumplir la importante función que les ha sido asignada, debido a múltiples debilidades de carácter institucional, legal, financiero, gerencial, técnico-operativo, entre otros.

Está en proceso de aprobación el Proyecto de Ley Sobre Manejo de Residuos Sólidos en la República Dominicana, el cual contempla que todos los ayuntamientos deben de elaborar su plan de manejo integral de residuos sólidos.

Instituciones como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en coordinación con el CCN-GIRESOL, la Agencia de Cooperación Internacional de

Alemania (GIZ), la agencia de cooperación del Japón (JICA), la OPS, el PNUMA, Ecored, el BID, han realizado estudio de caracterización y composición de los residuos sólidos, tanto a nivel nacional como local, en los municipios de: Distrito Nacional, Santo Domingo Oeste, Santo Domingo Norte, Santo Domingo Este, San Pedro de Macorís, La Romana, El Seibo, La Altagracia, Monte Plata, Bavaro, Samaná, Boca Chica, Cotui, San Juan de la Maguana, San Francisco de Macorís, San José de las Mata, Navarrete, Sabana Iglesia, Las Placetas, Las Terrenas, Barahona, Miches, Bajo de Haina, San Cristóbal, los Alcarrizos, Guerra, San Gregorio de Nigua, Pedro Brand, Moca, Azua, Sánchez, etc.

1.2 Conceptos Básicos

Según la Norma para La Gestión Ambiental de Residuos Sólidos No Peligrosos, Residuo es todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar.

1.2.1 Clasificación De Los Residuos Sólidos

Según su composición, los residuos pueden ser orgánicos e inorgánicos.

Los **orgánicos** se refieren a materiales que se descomponen de forma natural y no tardan largo tiempo en degradarse. Estos residuos, incluyendo los restos de alimentos, se pueden procesar quitándoles la humedad por calentamiento, para luego triturarlos y convertirlos en abono para las plantas.

Los residuos **Inorgánicos**, se refieren a aquellos materiales que por sus características químicas no se descomponen de forma natural o tardan largo tiempo en degradarse como el plástico, el vidrio, el papel y los metales.

Según la procedencia de los mismos o la fuente de generación, existen muchos tipos de residuos. Estos deben clasificarse atendiendo a sus características. En relación con la fuente de generación, la Norma Para la Gestión Ambiental de Residuos Sólidos No Peligrosos establece los siguientes tipos:

Comerciales: residuo generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de

mercado.

Domiciliarios: residuo que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar.

Agrícolas: aquellos generados por la crianza de animales y la producción, cosecha y segado de cultivos y árboles, que no se utilizan para fertilizar los suelos.

Biomédicos: aquellos generados durante el diagnóstico, tratamiento, prestación de servicios médicos o inmunización de seres humanos o animales, en la investigación relacionada con la producción de estos o en los ensayos con productos biomédicos.

De Construcción o Demolición: aquellos que resultan de la construcción, remodelación y reparación de edificios o de la demolición de pavimentos, casas, edificios comerciales y otras estructuras.

Industrial: residuo generado en actividades industriales, como resultado de los procesos de producción, mantenimiento de equipo e instalaciones y tratamiento y control de la contaminación.

Según sus riesgos potenciales, los residuos pueden ser **peligrosos** y **no peligrosos**. Los residuos municipales, objeto de este manual, caen dentro de la categoría de No peligrosos.

1.2.2 Composición Física De Los Residuos Sólidos

La composición se refiere a los componentes/materiales individuales presentes en la masa de residuos y su distribución en porcentaje, normalmente en peso. La composición depende de los factores señalados para la generación. En nuestro país, los residuos orgánicos constituyen la fracción mayoritaria de los residuos domésticos.

Básicamente los residuos sólidos están compuestos de los siguientes tipos:

Tabla 1 Composición física de los residuos sólidos

	Componentes
1	Papel
2	Cartón
3	Residuos alimenticios (orgánicos)
4	Plásticos
5	Vidrio
6	Metales
7	Tetrapack
8	Foam
9	Gomas, caucho y cuero
10	Material electrónico
11	Telas y material textil
12	Madera
13	Pilas
14	Poda y jardín
15	Pañales
16	Otros

Los residuos no domiciliarios son todos aquellos que no son generados en el hogar, se generan en las industrias, comercios, actividades de construcción, agrícolas, limpieza de espacios públicos, centros de salud, electrónicos, etc. Su responsabilidad de manejo es del propio generador.

La metodología utilizada para determinar estos residuos es la misma utilizada en los residuos domiciliarios.

1.2.3 Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos

Es un estudio de campo cuyo objetivo es determinar la cantidad de residuos que son generados en la actualidad por los diferentes tipos de fuente: doméstica, comercial, institucional, mercados, y barrido de calles. Es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos: cantidad de residuos generada, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico.

Mediante el conocimiento de la composición, se determinarán los datos relacionados a la composición química y física de los residuos generados en el área de estudio.

La guía metodológica para la elaboración del estudio de caracterización para residuos sólidos municipales del Perú señala que un estudio de caracterización, como tal representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos de gestión ambiental de residuos sólidos, así como proyectos de inversión pública referidos al mismo y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.

Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos y también la planificación administrativa y financiera, ya que sabiendo cuanto generan cada una de las actividades que se producen en la localidad se pueden determinar el tipo de sistema a implementar y calcular la tasa de cobros de arbitrios.

Existen varios métodos generales para determinar las cantidades de residuos sólidos, entre los principales están:

Análisis de pesaje total. Se pesan la totalidad de los residuos que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido. También se le llama análisis del número de cargas que implica el pesaje en básculas de un número de cargas que llegan a los lugares de tratamiento o disposición final en un periodo determinado. Las tasas de generación por unidad se determinan utilizando datos de campo. (Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas).

Análisis peso-volumen. En este método se determina el peso y el volumen de las cargas que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido, con lo que se puede conseguir las densidades suelta y compactada. En base al volumen de carga de los camiones se puede determinar el peso y en base a la densidad se puede tener una idea del tipo de material contenido en los camiones de carga, este aspecto es muy utilizado en la recepción de residuos en plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición. También es muy utilizado para el diseño de Ecoparques. (Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas).

Análisis de balance de masas. Es la mejor forma de determinar la generación y el

movimiento de residuos con cierto grado de fiabilidad. Consiste en identificar las entradas y salidas de materiales de un sistema limitado. El método se torna muy complejo debido a que se necesita una gran cantidad de datos, muchos de ellos no disponibles. Para la aplicación de un balance de masas se requiere conocer las fronteras del sistema, las actividades que cruzan u ocurren dentro del mismo y la generación de residuos sólidos asociada con las actividades del sistema. (Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas).

Análisis por muestreo estadístico. Este método implica la toma de un número representativo de muestras de residuos sólidos de alguna de las fuentes, durante un tiempo, determinándose los pesos totales y de sus componentes, a partir de un análisis estadístico se determinan la tasa de generación y la composición. El número de muestras dependerá de la precisión que se quiera alcanzar, aplicándose métodos estadísticos. (Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas).

Una vez realizado el estudio campo, se procederá con las siguientes etapas del Estudio de Caracterización, que corresponden al cálculo de la generación y a la proyección.

1.2.4 Generación Per Cápita De Residuos

La generación per cápita de residuos debe organizarse para cada fuente de generación. Cuando los municipios no puedan identificar el área comercial donde existan edificios residenciales y comerciales, los datos per cápita son guardados como zonas residenciales. Este dato se obtiene mediante el estudio de campo.

Población Actual

Los municipios organizan los datos actuales de la población en el área del municipio. Para el entendimiento de la fluctuación del número de población los municipios deben tener los datos de la población de por lo menos los últimos 5 años.

Se puede calcular la generación de forma analítica si existen datos de generación y

de población, la cantidad de residuos utilizando la siguiente fórmula.

$$Grs = P \text{ actual} \times GPC$$

Donde:

Grs = Cantidad de residuos actual (ton/día)

P actual = Población actual (persona)

GPC = Generación Per cápita (kg/hab/día)

Nota: Como los datos de Grs están en ton/día y la GPC están kg/hab./día, se multiplica el resultado final por 10⁻³ para que los valores queden expresados en ton/día o por 1000 para que este expresado en kg/día.

Para la determinación de la generación per cápita y el análisis de la producción de los residuos sólidos domésticos en cada zona del municipio, se deben realizar los siguientes pasos:

Una vez concluido el ruteo de recolección de bolsas correspondiente al estudio de caracterización, se llevan las muestras al área municipal designada para realizar el pesaje.

Las bolsas recogidas con residuos serán pesadas diariamente (W_i) durante los ocho días que dure el muestreo. Este proceso representa la cantidad de basura diaria generada en cada vivienda (Kg./Vivienda/día). Para ello se utilizará una balanza de 0 a 5 Kg.

En el pesaje se realiza previa identificación del código o número de cada muestra, registrándose el peso en el formato correspondiente. (Ver formato anexo).

Una vez obtenidos los pesos promedios de los residuos de cada vivienda, en la oficina se procesan los resultados obtenidos para obtener la generación per cápita (GPC) promedio de cada zona.

Para obtener la generación per-cápita (Kg./hab./día), se divide (para cada vivienda muestreada) el peso de las bolsas entre el número de habitantes.

La generación per cápita de residuos se determinará utilizando la siguiente fórmula:

Para las viviendas:

$$GPC = \frac{\textit{kg peso recolectado}}{\textit{Numero de Habitantes mustreados}}$$

Para los comercios:

$$GPC = \frac{\textit{kg peso recolectado}}{\textit{Numero de Comercios muestreados}}$$

Para las instituciones educativas:

$$GPC = \frac{\textit{kg peso recolectado}}{\textit{Numero de estudiantes del plantel muestreado}}$$

Para hoteles:

$$GPC = \frac{\textit{kg peso recolectado}}{\textit{Numero de Hoteles muestreado}}$$

Nota: Para otro tipo de producción per cápita de residuos se realiza la misma metodología utilizada.

Cálculo de la generación per cápita promedio

$$GPC_{prom\ v1} = \frac{(P1d2 + P1d3 + \dots + P1d8)}{7x}$$

$$GPC_{prom\ v2} = \frac{(P1d2 + P1d3 + \dots + P1d8)}{7y}$$

$$GPC_{prom\ vn} = \frac{(Pnd2 + Pnd3 + \dots + Pnd8)}{7z}$$

Donde:

GPC v1: Generación per-cápita de la vivienda 1

P1d2: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda 1 en el día 2

P1d3: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda 1 en el día 3

P1d8: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda 1 en el día 8

X: Número de habitantes de la vivienda 1

GPC v2: Generación per-cápita de la vivienda 2

P2d2: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda 2 en el día 2

P2d3: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda 2 en el día 3

P2d8: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda 2 en el día 8

Y: Número de habitantes de la vivienda 2

GPC vn: Generación per-cápita de la vivienda n

Pnd2: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda n en el día 2

Pnd3: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda n en el día 3

Pnd8: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda n en el día 8

Z: Número de habitantes de la vivienda n

1.2.5 Proyección De La Cantidad De Residuos

Población futura

En la República Dominicana, la población futura de cada región es publicada por la Oficina Nacional de Estadística -ONE-. Si estos datos cubren el año meta y el área municipal, los municipios pueden usar estos datos.

En el caso que no se tuviesen los datos públicos existentes, los municipios estimarán la población futura independientemente por uno de los métodos siguientes:

1) Estimación utilizando el índice de crecimiento

Se realiza la proyección de la población para el año de estudio tomando como referencia el último Censo de Población y Vivienda con la siguiente fórmula:

$$P_n = P_o \times (1 + r)^n$$

Donde:

P_n = Población Final Estimada

P_o = Población Inicial

r = Tasa de Crecimiento

n = años

Teniendo en cuenta los resultados de dicho estudio y la proyección de crecimiento

de la población, se estimarán las cantidades generadas en el período en cuestión.

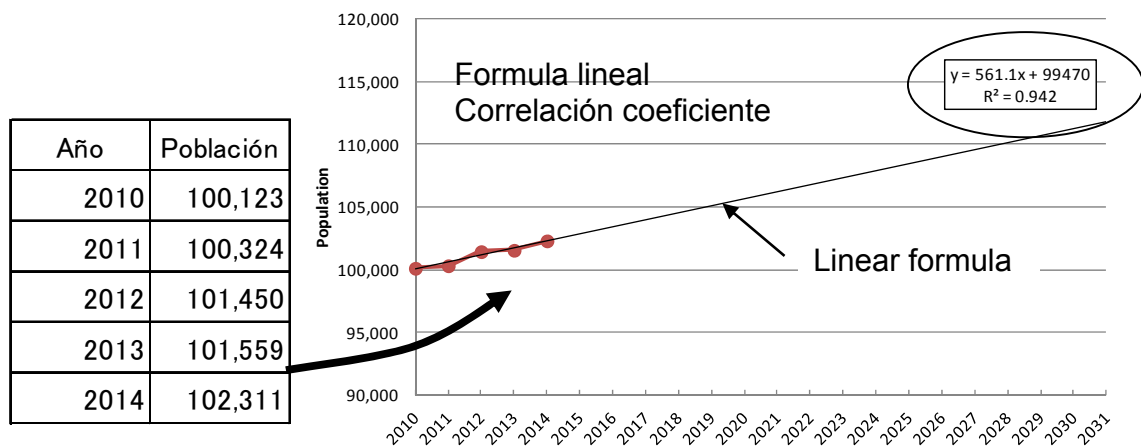
Es importante contar con datos recientes relativos a la población.

A partir del resultado de la proyección, se calcula el número total de viviendas en el municipio y se toma como promedio 5 habitantes por vivienda.

2) Estimación con fórmula lineal

La población futura estimada utilizando los datos de más de 5 años pasados. Si la correlación coeficiente es de alto nivel (más de 0.8), los municipios pueden adoptar esta fórmula. La población futura se debe calcular utilizando esta fórmula lineal.

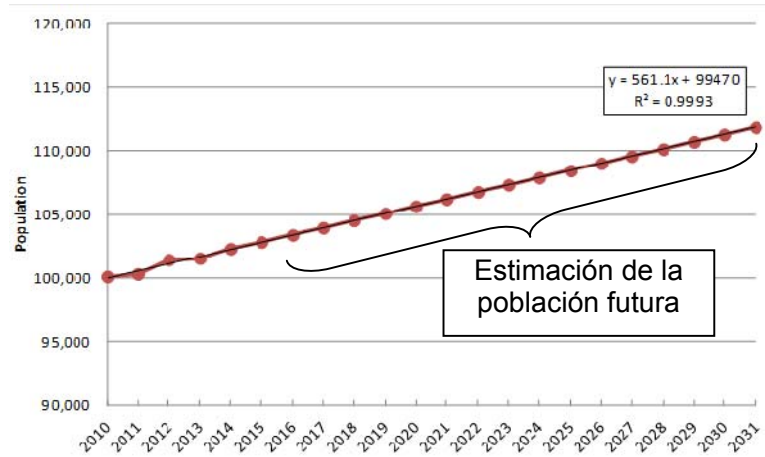
Ex.



Los datos pasados de la población (Más de 5 años)

Figura 3 Ejemplo de Estimación con fórmula lineal

Año	X	Población
2010	1	100.123
2011	2	100.324
2012	3	101.450
2013	4	101.559
2014	5	102.311
2015	6	102.837
2016	7	103.398
2017	8	103.959
2018	9	104.620
2019	10	105.081
2020	11	105.642
2021	12	106.203
2022	13	106.764
2023	14	107.325
2024	15	107.887
2025	16	108.448
2026	17	109.009
2027	18	109.570
2028	19	110.131
2029	20	110.692
2030	21	111.253
2031	22	111.814




$y=561.1 \times x + 99,470$: 

Figura 4 Estimación de la población futura, utilizando Excel

1.2.6 Generación Per Cápita En El Futuro

Si el municipio tiene información actual o la obtuvo mediante el estudio de caracterización, pueden proyectar la generación per cápita en el futuro al igual que la población, utilizando el método de estimación.

Sin embargo, si no se tienen datos recolectados, los datos actuales de la generación per cápita se utilizan como per cápita en el futuro.

1.2.7 Cantidad De Residuos En El Futuro

La cantidad de residuos debe calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de residuos (ton/año)} = \text{Población (personas)} \times \text{Producción Per cápita (kg/persona/día)} \times 365(\text{días/año}) \times 10^{-3}$$

Tabla 2 Ejemplo Cantidad de Residuos para quince años

Año	Población	Per capita (g/persona/día)	Cantidad de residuos (ton/año)
2015	102,837	0.81	30,404
2016	103,398	0.81	30,570
2017	103,959	0.81	30,735
2018	104,520	0.81	30,901
2019	105,081	0.81	31,067
2020	105,642	0.81	31,233
2021	106,203	0.81	31,399
2022	106,764	0.81	31,565
2023	107,325	0.81	31,731
2024	107,887	0.81	31,897
2025	108,448	0.81	32,063
2026	109,009	0.81	32,228
2027	109,570	0.81	32,394
2028	110,131	0.81	32,560
2029	110,692	0.81	32,726
2030	111,253	0.81	32,892
2031	111,814	0.81	33,058

1.2.8 Introducción De Datos Al Flujo De Residuos Futuro

El objetivo de los datos anteriores será elaborar el flujo actual y el futuro de residuos, en base al cual se podrá elaborar posteriormente el Plan GIRS y cualquier mejora a la operación de los componentes del manejo en el municipio.

Por ejemplo, la cantidad anual de residuo debe ser indicada en la línea principal del flujo. Con esta indicación, el ayuntamiento puede determinar la capacidad de equipamiento requerida y las dimensiones de las instalaciones necesarias.

Por ejemplo, Capacidad de la Planta de segregado/separación:

Residuo mezclado: Generación anual; 10,000 ton/año

Cantidad diaria generada; 27.4 ton/día = 10,000^{ton/año} ÷ 365^{días}

$$\text{Porcentaje de operación(\%)} = \frac{\text{Operación diaria anual (día)}}{\text{Número anual de Fecha (día)}} = \frac{300(\text{día})}{365(\text{día})} = 82.2\%$$

Capacidad (ton/día)

$$= \text{Cantidad Diaria Generada (ton/día)} \div \text{Porcentaje de operación(\%)}$$

$$= 27.4 \left(\text{ton/día}\right) \div 82.2\% = 33.3 \left(\text{ton/día}\right)$$

1.2.9 Flujo Total De Los Residuos

El Flujo de los residuos se elaborará tanto para la etapa actual como para la futura. El mismo refleja, además de la cantidad de residuos, los componentes y las etapas que se incluirán en el Plan de Gestión integral de los residuos sólidos -PGIRS-. Debemos hacer el flujo futuro de residuos del PGIRS para el año objetivo.

Una vez recopilados y organizados todos los datos, se realiza un flujograma de los componentes de la gestión de los residuos sólidos, para así tener una línea base para proyectar los mismos a largo plazo para predecir el comportamiento de la generación de residuos sólidos y la viabilidad de cualquier proyecto.

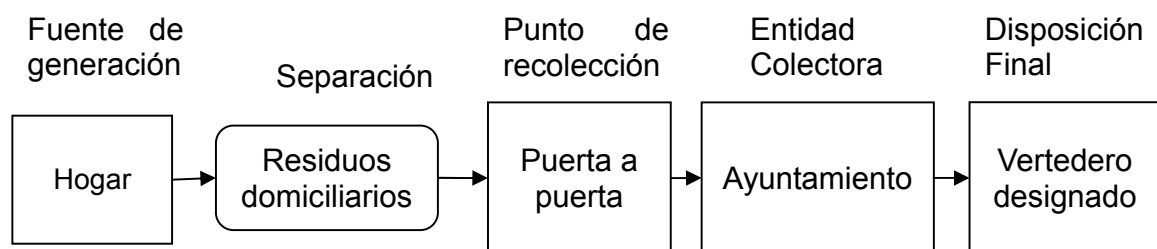


Figura 5 Secuencia para el flujo de los residuos

A continuación, un ejemplo del flujo actual de los residuos en el municipio de Moca para el año 2016:

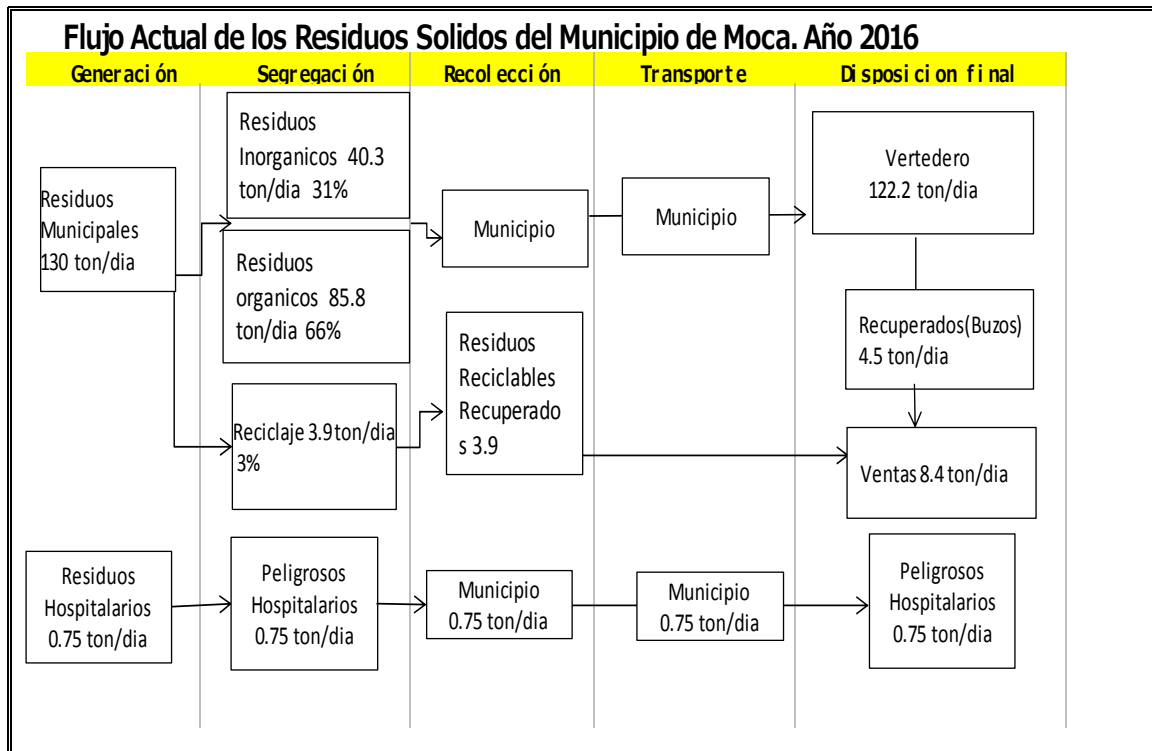


Figura 6 Flujo actual de los residuos, caso Municipio de Moca 2016.

A continuación, se muestra un Flujo total futuro de los residuos:

Flujo de residuos futuro

Año meta: 2031

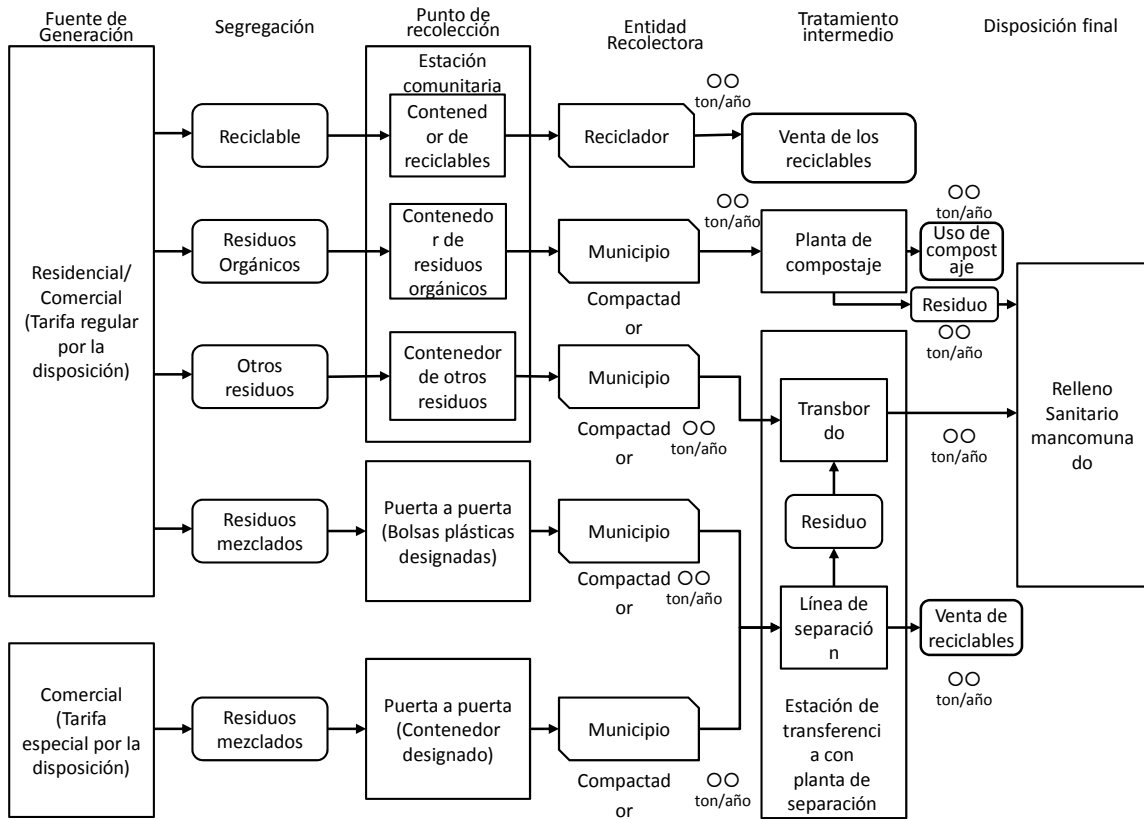


Figura 7 Flujograma total de residuos

PARTE II

2 PLANIFICACIÓN

2.1 Etapas Para La Elaboración De Un Estudio De Caracterización

El estudio de caracterización de residuos sólidos municipales comprende tres etapas fundamentales que son:

- Etapa de Planificación
- Etapa de Diseño
- Etapa de Ejecución

2.1.1 Etapa De Planificación: Organizar Y Planificar El Estudio

Esta etapa corresponde a la planificación de las diferentes actividades del Estudio de caracterización durante el desarrollo en campo, desde el ámbito de la organización a nivel de la municipalidad y el planeamiento del estudio. La voluntad, la participación activa y el apoyo de la Alcaldía es primordial para involucrar a las autoridades y funcionarios municipales.

En esta etapa se tendrán presentes las siguientes tareas:

Coordinaciones generales

Se debe coordinar entre los diferentes niveles de decisión del municipio (Alcalde, asistente técnico del Alcalde, Secretaría General, Departamento de Planificación, Áreas administrativa y financiera, Ornato y Limpieza, unidad de gestión ambiental, entre otros), para aprobar y darle seguimiento a la ejecución del estudio.

Determinar la participación y responsabilidades de las diversas áreas municipales. Además, entablar alianzas con instituciones públicas y privadas como el sector salud, educación, organizaciones locales, entre otros.

Elaboración del Plan de trabajo

El plan de trabajo y cronograma de actividades, son documentos orientadores para la comprensión, ordenamiento y sistematización de las actividades del estudio. Ver

formato de un cronograma de trabajo a continuación.

Municipio:					
Área responsable:					
Nombre del responsable del estudio:					
Objetivo general					
	Cronograma				
ACTIVIDAD	RESP	S1	S2	S3	S4
Coordinar con las autoridades y funcionarios de la municipalidad					
Identificar las zonas de muestreo (estrato socioeconómico)					
Determinar el tamaño de la muestra					
Determinar recursos (recursos humanos y materiales)					
Determinar recursos (presupuesto del estudio)					
Gestionar recursos para el estudio					
Organizar y capacitar al equipo de trabajo					
Distribuir y seleccionar la muestra según zonas de estrato socioeconómico					
Informar y sensibilizar a los participantes del estudio					
Empadronar a participantes, codificar muestra y aplicar encuesta					
Recolectar y entregar bolsas					
Determinar parámetros					
Procesar y analizar los resultados					
Redactar el informe del estudio					
Presentar el informe preliminar del estudio					
Corregir observaciones del informe de estudio					
Presentar el informe final del estudio					

Figura 8 Ejemplo de un cronograma de actividades para el estudio de caracterización

Para realizar una caracterización de residuos que sea eficaz, se deben cumplir o conocer los criterios fundamentales para definir el número de parámetros a analizar, como el tamaño de la muestra y duración del estudio como son:

- a) El objetivo de la caracterización de los residuos sólidos municipales.

- b) La preexistencia de estudios de caracterización de RS Municipales.
- c) La variación estacional en la producción de los residuos.
- d) La disponibilidad de personal y recursos financieros.

Algunos de los factores anteriores pueden alterar el tipo y volumen de residuos caracterizados en una determinada época

Para la realización de una caracterización, debemos considerar diversos aspectos como son:

- Localización del municipio
- Aspectos ambientales
- Clima
- Hidrografía
- Geografía y geomorfología
- Aspectos socio – demográficos
- Salud
- Educación
- Actividades predominantes. (Actividades económicas de importancia como el turismo, la agricultura, etc.)
- Acontecimientos especiales (ocurrencia de desastres naturales, fiestas patronales).
- Aspectos ambientales significativos
 - ✓ Impactos sobre el aire
 - ✓ Impactos sobre el agua
 - ✓ Impactos sobre el suelo
 - ✓ Gestión de residuos sólidos
 - ✓ Ruido
 - ✓ Gestión de riesgo
 - ✓ Habitabilidad y convivencia ciudadana
 - ✓ Estaciones del año
 - ✓ Hábitos de la población
 - ✓ Condiciones socioeconómicas.

Estos pasos pueden contribuir a que el estudio sea más rápido y eficiente en el levantamiento de las informaciones requeridas en el campo.

Los trabajos preparativos incluyen tres tipos de actividades:

1. Elaboración de formatos para el levantamiento de información, los cuales deberán ser utilizados durante la práctica y elaboración de uno o varios programas del estudio.
2. Trabajo de campo y reconocimiento; confirmación de fuentes y planificación de la ruta óptima de recolección de muestras; y ajuste al programa de recolección
3. Preparación de materiales a ser utilizados en el estudio.

2.1.2 Etapa de Diseño

Esta etapa comprende el diseño del estudio de caracterización propiamente dicho. Para ello se debe iniciar con los siguientes pasos:

- Determinar el tamaño de muestra.
- Determinar la distribución de la muestra por estratos socioeconómicos
- Identificar las principales actividades económicas del distrito de acuerdo al índice de usos.
- Conformar y designar el equipo técnico.
- Determinar los recursos humanos y logísticos.
- Elaborar el presupuesto

1) Determinación De La Cantidad De Muestras

Los resultados del estudio están en función de la cantidad de muestras tomadas según la fuente de generación de residuos sólidos, y las unidades de medida.

La OPS utiliza siguiente fórmula para determinar el número de la muestra:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Donde:

n = número de viviendas a muestrear

N = total de viviendas del área del estudio

Z = nivel de confianza 95%=1.96

σ = desviación estándar

E = error permisible

Para aplicar la fórmula, se requiere la estimación de todas las variables antes mencionadas. En tal sentido se considera *E= error permisible*, es un 10% del GPC nacional y la $\sigma = desviación estándar$ es de 0.25 Kg./ hab./ día.

Consideraciones a tomar en cuenta al utilizar la fórmula:

Es necesario fijar un número mínimo de muestras tal que los resultados a obtener reflejen con cierto grado de confianza y reducido porcentaje de error las condiciones prevalecientes en el universo poblacional.¹

Existen diversas fórmulas para determinar la cantidad de muestras a analizar en un estudio de caracterización.

Entre los diversos métodos de muestreo para la selección de muestra, el más común es el muestreo estratificado proporcional. En este método se asegura que cada vivienda de un estrato tiene la misma probabilidad de ser seleccionada.

En el método simplificado para el cálculo del número de muestras, se requiere contar con un mapa de la ciudad y hacer una visita de campo para preseleccionar las viviendas que participarán en el estudio.

Ejemplo de aplicación

Para una población de 97,601 habitantes, se asumen 5 personas por viviendas, calcular el número de muestras para realizar un estudio de caracterización; se considera un error permisible de un 10% de GPC nacional y una desviación estándar de 0.25 kg/hab/día. Considerar un GPC de 0.85 kg/hab/día:

¹ Fuente. OPS/CEPIS/04/IT-634. Original: Español – Página 61

Solución:

Asumiendo 5 habitantes por vivienda se tiene que

$$N = \frac{97,601 \text{ hab.}}{5 \frac{\text{hab}}{\text{vi}}} = 19,520 \text{ vi.}$$

Después:

N= 19,520 viviendas

Z= 1.96

Y= 0.25 kg/hab/día

E= 0.085 kg/hab/día

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 (19,520)(0.25)^2}{(19,520 - 1)(0.085)^2 + (1.96)^2 (0.085)^2}$$

$n = 374.37$ es decir, 375 viviendas

a. Distribución De La Muestra Por Estratos Socioeconómicos Para Residuos Domiciliarios

Según la OPS, para la distribución de la muestra se divide la población en estratos, esto se hace estableciendo por lo menos las siguientes cuatro zonas o estratos:

- i. Zona Comercial (Estrato Comercial).
- ii. Zona Residencial (Estrato 1), viviendas de ingreso alto.
- iii. Zona Residencial (Estrato 2), viviendas de ingreso medio.
- iv. Zona Residencial (Estrato 3), viviendas de ingreso bajo.

Se ubican los estratos socioeconómicos en el plano de la ciudad donde se registren todas y cada una de las unidades muestreables para que puedan ser seleccionados en la muestra.

Como se considera que la población está conformada N viviendas, las mismas que tienen Ri habitantes y producen Wi kg de basura en un día. Así se tiene que cada una produce $X_i = W_i / R_i$ kg/hab/d.

La zonificación del municipio permitirá determinar áreas homogéneas o con características similares y delimitarlas gráficamente con fines de planificación. En la República Dominicana, para los fines estadísticos se clasifica la población por el nivel de ingresos en quintiles. Ver más información en la página web www.one.gob.do y <http://www.bancentral.gov.do>. El siguiente cuadro muestra los diferentes ingresos de la población en quintiles registrado en el año 2011.

Tabla 3 Estrato socioeconómico

Quintil	Ingresos en RD\$
Quintil I	\$5,501
Quintil II	\$9,061
Quintil III	\$12,495
Quintil IV	\$19,409
Quintil V	\$51,312

Fuente: Banco Central De La Rep. Dom. 2011

Para la definición de los estratos se debe partir de los datos socioeconómicos levantados por la Oficina Nacional de Estadísticas, de acuerdo a las características del municipio en estudio que se pueden presentar por ingresos.

Ejemplo

Para el caso de un municipio que presenta tres estratos socioeconómicos, tal como se muestra en la tabla y figura siguiente, para una población de 97,601 habitantes, se determinaron los estratos agrupados en los quintiles I, II, III, IV y V.

En un estudio de perfil municipal que arroja los datos socioeconómicos como se detallan a continuación:

Tabla 4 No. de Viviendas por Estrato socioeconómico

Quintil	No. Viviendas
Quintil I	7,300
Quintil II	5,520
Quintil III	4,400
Quintil IV	1,500
Quintil V	800
Total	19,520



Figura 9 Distribución de la muestra por estratos socioeconómicos

El tamaño de muestra de vivienda $n = 375$, se tiene ahora que asignar o distribuir proporcionalmente en los estratos, es decir:

Tabla 5. Porcentaje de Viviendas por Estrato socioeconómico

Quintil	Viviendas	%
Total	375	100.00%
Quintil I	139	37%
Quintil II	105	28%
Quintil III	86	23%
Quintil IV	30	8%
Quintil V	15	4%

b. Identificación De Las Principales Actividades Económicas Del Municipio De Acuerdo Al Índice De Usos.

Se debe de tener la relación de los establecimientos comerciales de ámbito municipal según su índice de uso y así conocer cuántas propiedades representan los establecimientos comerciales de ámbito municipal, diferentes tipos de negocios: restaurantes, mercados, hoteles u hospedajes, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas, entre otros.

Tomando en consideración el tipo de actividades comerciales, la muestra debe distribuirse porcentualmente y luego para el muestreo se deberá tomar como muestra el más representativo por comercio.

Tabla 6 Cuadro relación de los principales Fuentes de Generación del municipio.

Fuente	Cantidad	Porcentaje	Distribución de la muestra
Tienda			
Farmacia			
Domicilios			
Panaderías			
Oficinas administrativas			
Peluquerías y cosméticas			
consultorio médico, odontológico, veterinarias			
Agencias de publicidad			

Fuente	Cantidad	Porcentaje	Distribución de la muestra
Minimarkets			
Mercados de abastos			
Hospedaje - Hoteles			
Restaurantes - Cafeterías			
Establecimientos de Salud			
Templos, monasterios, iglesias			
Bibliotecas			
Instituciones educativas			
Granjas			
Industria			
Centros culturales - Museos			
Centros comerciales - Galerías			
Complejos deportivos - Clubs			
Instituciones públicas			
Hospitales - Clínicas			
Total			

Una vez que se conoce el número de la muestra y los sectores de distribución, lo siguiente es la distribución espacial de las muestras; estas se harán de manera aleatoria en cada estrato y deben ser lo más disperso posible. Esta es una distribución preliminar, que se ajustará cuando se realice las visitas en campo.



Figura 10 Sectores de distribución de las muestras

En la imagen se muestra una planificación para levantar información en diferentes áreas de un municipio, donde se definen los estratos y los hogares a ser encuestados durante el estudio.

2) Conformación Y Designación El Equipo Técnico.

El responsable del proyecto debe contar con un equipo técnico (técnicos y operarios) que den soporte a la ejecución del estudio. Para ello, la municipalidad debe brindar las facilidades del caso para que el personal asignado cumpla con las funciones que le delegue el responsable.

El equipo técnico realizará las siguientes funciones y estará compuesto por:

Tabla 7 Equipo Técnico, perfil y funciones para el estudio

Miembros	No.	Perfil	Funciones
Responsable del estudio	1	Experiencia general en el manejo de residuos sólidos y experiencia específica en estudios de caracterización de residuos sólidos.	Dirigir y planificar las Actividades. Prever la logística. Coordinar reuniones. Sistematizar la información necesaria Capacitar al personal. Elaborar los formatos.
Coordinador de campo	1	Experiencia específica en estudios de caracterización de residuos sólidos.	Supervisar las actividades de campo y el uso adecuado de los equipos y materiales usados y desarrollo de los procedimientos. Coordinar preparación de materiales. Registrar los datos del estudio.
Empadronadores/ sensibilizadores/encuestadores	4	Buen nivel de comunicación y buen trato.	Visitar las viviendas muestreadas para empadronarlos en el estudio. Aplicar la encuesta de percepción del servicio de Limpieza Pública. Procesar resultados
Operario de recolección	3	Conocimiento de la zona del estudio.	Recolectar las bolsas.
Chofer	1	Licencia de conducir.	Transportar los residuos hasta el área acondicionada.
Operarios de clasificación y pesaje		Conocimiento en clasificación de residuos, reciclador o personal operario de limpieza.	Separar los residuos y pesar las bolsas en el punto de acopio. Apoyar en la determinación de la densidad, muestras para humedad, entre otros.
Registro		Experiencia en el manejo de formatos.	

El equipo técnico enlistado anteriormente, requerirá de una logística para el estudio además de los insumos y/o materiales, según se citan en la tabla siguiente:

Tabla 8 Recursos Humanos y Logística necesarios

<p>Recursos Humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responsable del estudio • Coordinador de campo • Empadronadores • Encuestadores • Responsable del pesaje y separación. • Responsable del registro de datos. • Sensibilizadores • Recolector • Transportista 	<p>Uniforme y equipos de protección personal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guantes de cuero • Botas de gomas • Mascarillas para polvo • Delantal de plástico • Lámina doble de polietileno de 6 x 3 m. 	<p>Insumos de limpieza</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cloro/alcohol • Jabón • Detergente • Agua
<p>Vehículo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para el recojo de las bolsas plásticas de campo y el recojo de residuos al finalizar cada día de caracterización. • Para la supervisión en campo 		
<p>Área de acopio y estudio de muestras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de Caracterización • Área libre, ventilada, con techo, servicios higiénicos, • Acceso a agua, almacén de herramientas y Guachimán 	<p>Insumos de primeros auxilios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Botiquín (kit básico) 	
<p>Herramientas e insumos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza de plataforma electrónica con lectura mínima de 0.005 Kg. y lectura máxima de 50 kg, o analítico de 500 g. • Cilindros metálicos de 200 litros de capacidad. • Cilindros con capacidades menores a 200 litros. • cinta métrica de 05 metros • Escobas • Rastrillos • Recogedor • Lampas • Bolsas de polietileno (usar un color para residuos sólidos domiciliarios y otro para comerciales) • Bolsas dentadas o con cierre para muestras de humedad. • Cuchillos o machetes. • Cámara fotográfica digital. 	<p>Materiales de oficina</p> <ul style="list-style-type: none"> • Copias de cartas para vecinos. • Copias de cartas para representantes de establecimientos, instituciones, etc. • Copias de los formatos de empadronamiento • Copias de los formatos de registro de datos de caracterización. • Planos del área de estudio y rutas de recolección. • Tableros de madera. • Carnets para los miembros del equipo. • Tizas • Stickers para las viviendas y establecimientos. • Lapiceros • Crayones de tinta Permanente • Cinta pegante o cinta maskintape • Tijeras • Materiales de difusión: volantes, afiches, otros. • Equipo de cómputo. 	

3) Presupuesto.

Una vez establecido los requerimientos logísticos, se debe coordinar con el Área administrativa para que realice la compra correspondiente. Los costos parciales o unitarios pueden variar de acuerdo a la zona donde se desee ejecutar el estudio.

2.1.3 Etapa de Ejecución

La etapa de ejecución, para su mejor comprensión y aplicación, está dividida en dos momentos: fase de gabinete y fase de campo.

Una vez identificadas las actividades de campo y de gabinete, se procede a:

- ✓ Capacitar al equipo técnico.
- ✓ Elaborar materiales para el estudio
- ✓ Elaborar el plan de seguridad e higiene.
- ✓ Diseñar la ruta de recolección preliminar
- ✓ Invitar, empadronar y entregar material
- ✓ Encuestar a jefes de hogar y representantes de establecimientos y entregar bolsas.
- ✓ Recolectar las muestras de las viviendas y de establecimientos.
- ✓ Estudiar la muestra y determinar la generación per cápita de residuos.
- ✓ Determinar la densidad de los residuos sólidos sueltos domiciliarios y Comerciales.
- ✓ Determinar la composición física de los residuos sólidos domiciliarios.

Detallamos:

A. Capacitar al equipo técnico.

Capacitar a los miembros del equipo técnico, reclutado durante la planificación, para realizar las tareas necesarias para la ejecución del estudio, haciendo énfasis en la Sensibilización, empadronamiento, encuesta, recolección de muestras, registro de datos y análisis de resultados. Como parte de la preparación del personal se debe capacitar en los diferentes momentos que dura el estudio y según las funciones a realizar.

Los temas a impartir al personal pueden ser: Manejo de los residuos sólidos,

metodología del estudio de caracterización de residuos sólidos, detalle de las labores a realizar: aplicación de encuesta y/o sensibilización ambiental. También se les debe instruir en la comprensión y uso de los formatos elaborados. Las medidas de seguridad e higiene en el manejo de los residuos y el uso del equipo de protección personal tampoco deben faltar.

B. Elaborar materiales para el estudio.

Consiste en la codificación de bolsas, elaboración de cartas, encuestas, formatos de empadronamiento y material de sensibilización (afiches para las charlas y talleres, campañas de sensibilización “Casa por casa” y campañas de sensibilización a través de medios de comunicación locales).

Como parte de la organización del trabajo para salir al campo se debe tener en cuenta: Rotular las bolsas según los códigos de las viviendas y establecimientos, puede escribir sobre la bolsa con un marcador de tinta permanente o pegar una etiqueta. Se recomienda usar un color de bolsa por estrato socioeconómico para los residuos de las viviendas y otro color de bolsa para los residuos de los establecimientos.

Tabla 9 Modelo de Formato de Rotulación

Modelo de codificación de bolsas para domicilios DÍA 1 EB/V-01		Modelo de codificación de bolsas para generadores comerciales DÍA 1 RS-01	
CÓDIGO	DETALLE	CÓDIGO	DETALLE
E	Estrato	RS	Restaurante
B	Bajo	EC	Establecimiento comercial
M	Medio	MR	Mercado
A	Alto	HO	Hotel u hostal
V	Vivienda	BO	Bodega

Formato de codificación de bolsas

C. Elaborar el plan de seguridad e higiene.

Es necesario tomar las medidas de seguridad durante el trabajo de campo, se recomienda realizar las siguientes medidas en cada una de las siguientes tareas:

Tabla 10 Medidas de seguridad requeridas por tarea

Actividad	Medidas Requeridas
Recolección selectiva	Uso de todos los equipos de protección personal -EPP- (guantes, mascarillas, botas).
Descarga de bolsas	Descargar las bolsas cuidadosamente y sin tirarlas.
Pesado de bolsas	Si las bolsas son muy pesadas, manipularlas entre dos integrantes del equipo.
Traslado de bolsas para segregación y/o separación	Llevar las bolsas a la mesa de trabajo, si es necesario entre más de un integrante del equipo.
Segregación y/o separación	Abrir las bolsas y vaciarlas cuidadosamente en la mesa de trabajo, utilizando EPP.
Determinación de la densidad	Levantar con cuidado el cilindro para evitar golpes.
Disposición Final de las bolsas	Realizar el traslado de bolsas al área de disposición final con las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier accidente.

D. Identificar la Ruta de recolección de bolsas: seleccionar viviendas y establecimientos comerciales

Para ello se debe emplear un plano catastral del municipio o Distrito Municipal y conjuntamente con el equipo se debe identificar las posibles muestras y trazar el recorrido de la recolección para cada estrato. Este proceso será validado durante la visita de campo donde se modificará la ruta según la aceptación de los vecinos y los representantes de los establecimientos. Ver plano municipio de Moca.

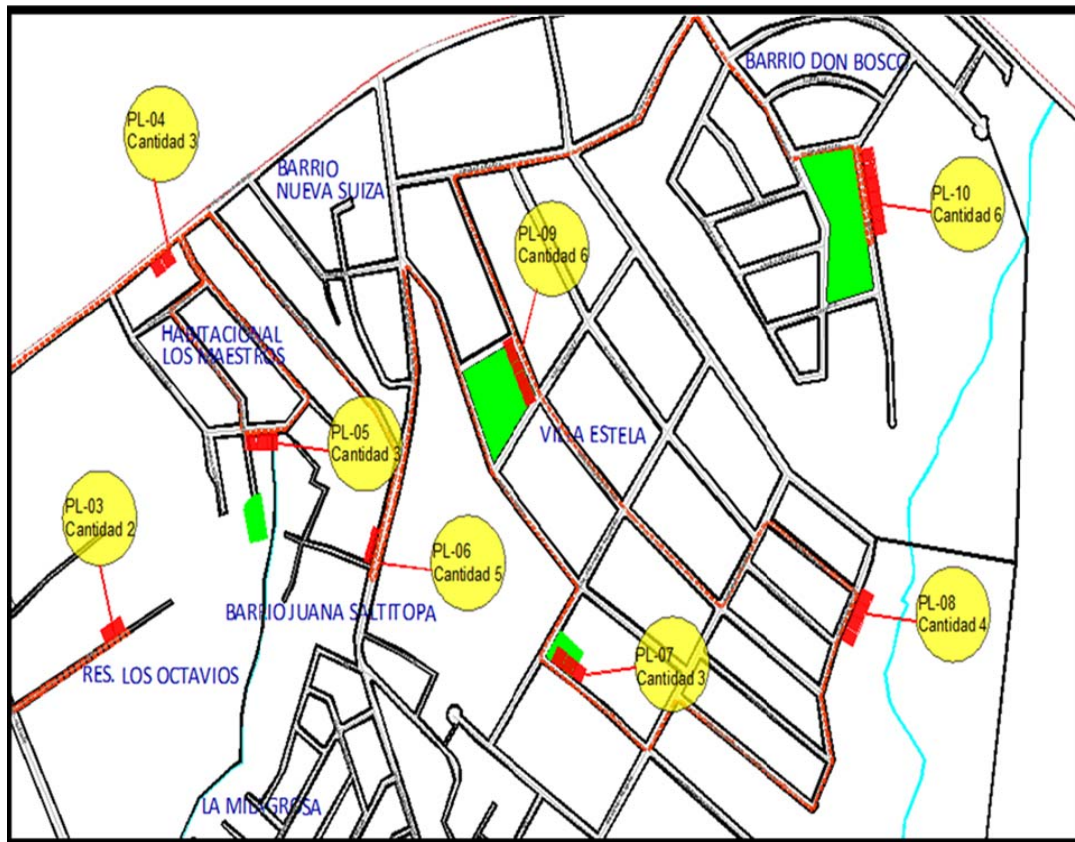


Figura 11 Diseño de la ruta de recolección de bolsas preliminar

E. Invitar, empadronar y entregar material

Siguiendo la ruta de recolección, el personal del estudio debidamente identificado se presenta y explica a los jefes de hogar y representantes de establecimientos seleccionados el objetivo, importancia y la metodología del estudio de caracterización y se entrega una carta de invitación a participar en el estudio.

Una vez que los representantes de los diversos establecimientos aceptan participar en el estudio, se empadrona con el formato respectivo, a cada participante codificando la vivienda o establecimiento y se solicita el permiso para pegar una etiqueta o escribir con tiza el código en el frente de la casa, de manera visible.

F. Encuestar a jefes de hogar y representantes de establecimientos y entregar bolsas.

Luego de haber empadronado a las viviendas y establecimientos, se procede a

encuestar a un representante de familia (de preferencia jefe de hogar o miembro mayor de 18 años de edad) y un representante de cada establecimiento, con el fin de recopilar datos cualitativos sobre su percepción del sistema de manejo de residuos sólidos y cuantitativos sobre el número de personas que habitan la vivienda, datos socioeconómicos y generación estimada.

Elaboración de encuestas a los generadores de residuos sólidos

A la hora de elaborar y desarrollar una encuesta para la determinar la generación de residuos sólidos se deben seguir unos puntos mínimos para revisar la información que se obtenga de éstos sea válida y fiable, además para cada pregunta deberá recogerse una respuesta susceptible de análisis, de manera que los resultados satisfagan los objetivos de la encuesta.

La percepción de la población y las condiciones de manejo que manifieste la localidad es importante para determinar muchos aspectos que condicionan la realidad del municipio en cuestión.

Si bien es cierto, esto no refleja una precisión de la generación o composición de residuos sólidos, ofrece información importante para el estudio, como la cantidad de habitantes en cada vivienda, el área construida aproximada, las condiciones de almacenamiento de residuos sólidos por parte de la población, la frecuencia deseada y real del servicio de limpieza pública, etc. (Ver formato de encuesta en Anexo No. 1).

Pasos para la elaboración de la encuesta

En la formulación de una encuesta de caracterización de residuos sólidos, para la investigación se siguen ciertos pasos que ayudan a asegurar que la información recogida sea significativa:

1. Elección del lenguaje, es decir, que el vocabulario, la construcción de las expresiones y los conceptos ofrezcan la mejor oportunidad para transmitir las ideas completas y exactas, entre el entrevistador y su interlocutor. El lenguaje de la encuesta, debe parecerse mucho al del entrevistado. Por esto es clave tener claro el grupo al que va dirigida la encuesta.

2. Es preciso evitar hacer preguntas al entrevistado que le hagan enfrentarse a la necesidad de dar una respuesta socialmente inadmisibles.
3. Las preguntas deben limitarse a una sola idea o a un solo concepto.
4. El orden consecutivo de las preguntas nos permite que éstas sean más lógicas para la persona interrogada.
5. Es preferible que el tiempo para responder las encuestas no deberá tomar más de 30 minutos.

Resultados de encuestas

Las encuestas focalizarán el interés en las condiciones de la familia, condiciones de manejo de los residuos sólidos, percepción de los servicios de residuos sólidos y la intención de pago de arbitrios por parte de los entrevistados.

Es importante conocer:

- ✓ Ocupación económica del entrevistado
- ✓ Nivel de educación del jefe de familia
- ✓ Cuánto es el ingreso familiar por mes
- ✓ Servicios con que cuenta en su vivienda
- ✓ Residuos que más desecha
- ✓ Tipo de recipiente en que almacena sus residuos sólidos
- ✓ Tiempo de almacenamiento óptimo
- ✓ Ubicación del recipiente de basura en la vivienda
- ✓ si Mantiene tapado el tacho, bolsa o recipiente de residuos sólidos
- ✓ La persona encargada de sacar los residuos sólidos de la vivienda
- ✓ Frecuencia de recolección de residuos
- ✓ Disposición de residuos sólidos en ausencia de servicio de recolección
- ✓ Reaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos
- ✓ Reaprovechamiento de botellas de plástico
- ✓ Reaprovechamiento de botellas de vidrio
- ✓ Reaprovechamiento de bolsas plásticas
- ✓ Reaprovechamiento de latas
- ✓ Reaprovechamiento de los residuos en manualidades

- ✓ Disponibilidad para el reciclaje
- ✓ Frecuencia deseada de recolección de residuos sólidos
- ✓ Pago por los servicios de residuos sólidos
- ✓ Satisfacción por la calidad de los servicios de residuos sólidos.
- ✓ Disponibilidad de pago por un servicio mejorado
- ✓ Frecuencia de pago deseada
- ✓ Forma de pago deseada

G. Recolectar las muestras de las viviendas y de establecimientos.

Guiados con la ruta de recolección validada en campo, se realiza la recolección de las bolsas en las viviendas durante 8 días consecutivos. Cada día se verifica que el código de la bolsa que se recibe coincida con la registrada en el padrón y en la etiqueta de la vivienda, luego se entrega una nueva bolsa con el código de identificación a cada representante de la vivienda.

H. Estudiar la muestra y determinar la generación per cápita de residuos.

Para determinar la cantidad de residuos sólidos domiciliarios que se generan en cada zona de estudio es necesario:

- Pesar las bolsas con residuos sólidos domiciliarios
- Identificar el código o número de la bolsa.
- Pesar la bolsa y registrar el resultado en el Formato establecido

Realizar este procedimiento durante los 8 días para todas las muestras y registrar los resultados. Este proceso representa la cantidad de basura diaria generada en cada vivienda (kg./viv./hab.). Para esto utiliza una balanza de 0 a 50 kg.

I. Determinar la densidad de los residuos sólidos sueltos domiciliarios y Comerciales.

Para determinar la densidad de los residuos sólidos se debe realizar lo siguiente:

- Acondicionar el tanque de 55 galones de capacidad.
- Medir la altura y diámetro del recipiente cilíndrico.

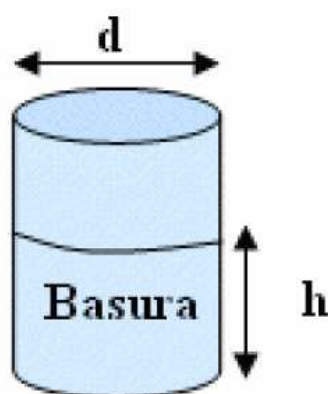
Se selecciona una muestra de material de cada estrato, registrándose en el

formulario de registro de pesos y altura libre para determinar la densidad. **Ver formato de densidad en el Anexo 4.**

Se introduce el material en el recipiente, cuyo volumen y peso se han obtenido previamente.

Una vez lleno, se levanta el recipiente 10 cm. sobre la superficie y dejarlo caer tres veces, con la finalidad de llenar los espacios vacíos en el mismo, y se mide la altura libre superior, registrándose en el formato correspondiente.

Finalmente se procede a pesar el recipiente con el material contenido, por diferencia se obtendrá el peso de la basura. Con estos datos se calculara el volumen de los residuos.



$$Densidad = \frac{\text{peso } (w)}{\text{volumen } (v)} = \frac{\text{peso } (w)}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 * h}$$

Figura 12 Cálculo densidad para un tanque

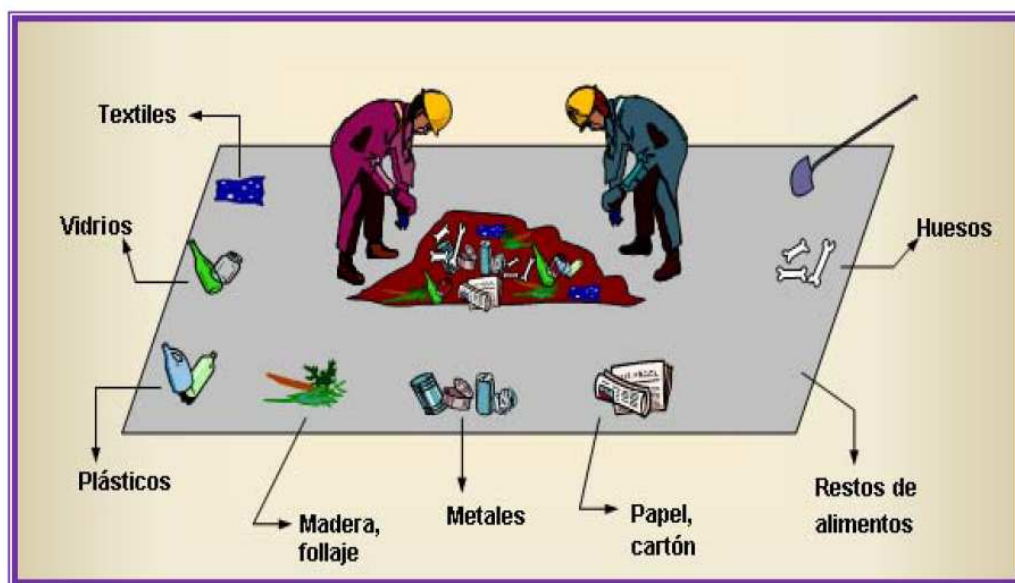
J. Determinar la composición física de los residuos sólidos domiciliarios.

Para la determinación de la composición física de los residuos sólidos se utiliza el método del recipiente cilíndrico, recomendablemente un tanque de 55 galones, el cual consiste en:

Vaciar el contenido del recipiente utilizado para determinar la densidad, luego separar los componentes de acuerdo al tipo de residuo.

Se rompen las bolsas y se vierten los residuos formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozan los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable.

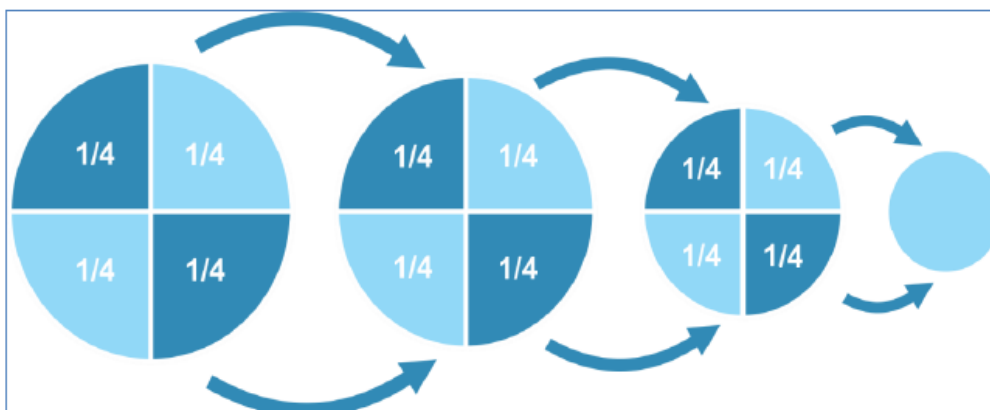
Para realizar este trabajo se utiliza la muestra de un día. Se deben colocar los residuos en una zona pavimentada o sobre un plástico grande, con la finalidad de no combinar los residuos con tierra. Ver figura de separación y clasificación de residuos a continuación:



Fuente: CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente)

Figura 13 Segregación del material para conocer la composición

Si se tiene un volumen de residuos muy grande, se divide en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogen las dos partes opuestas (lados sombreados del gráfico que se muestra a continuación) para formar un nuevo montón más pequeño. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra que sea manejable.



Fuente: Guía Metodológica para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales (EC-MRS).

Figura 14 Cuarteo de la muestra.

Concluida la clasificación de los componentes, se realiza el pesaje y registro de los datos en el formulario de composición de residuos sólidos, ver formato de composición física en el Anexo 3.

Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (W_t) y el peso de cada componente (P_i):

$$\text{Porcentaje (\%)} = (P_i/W_t) \times 100$$

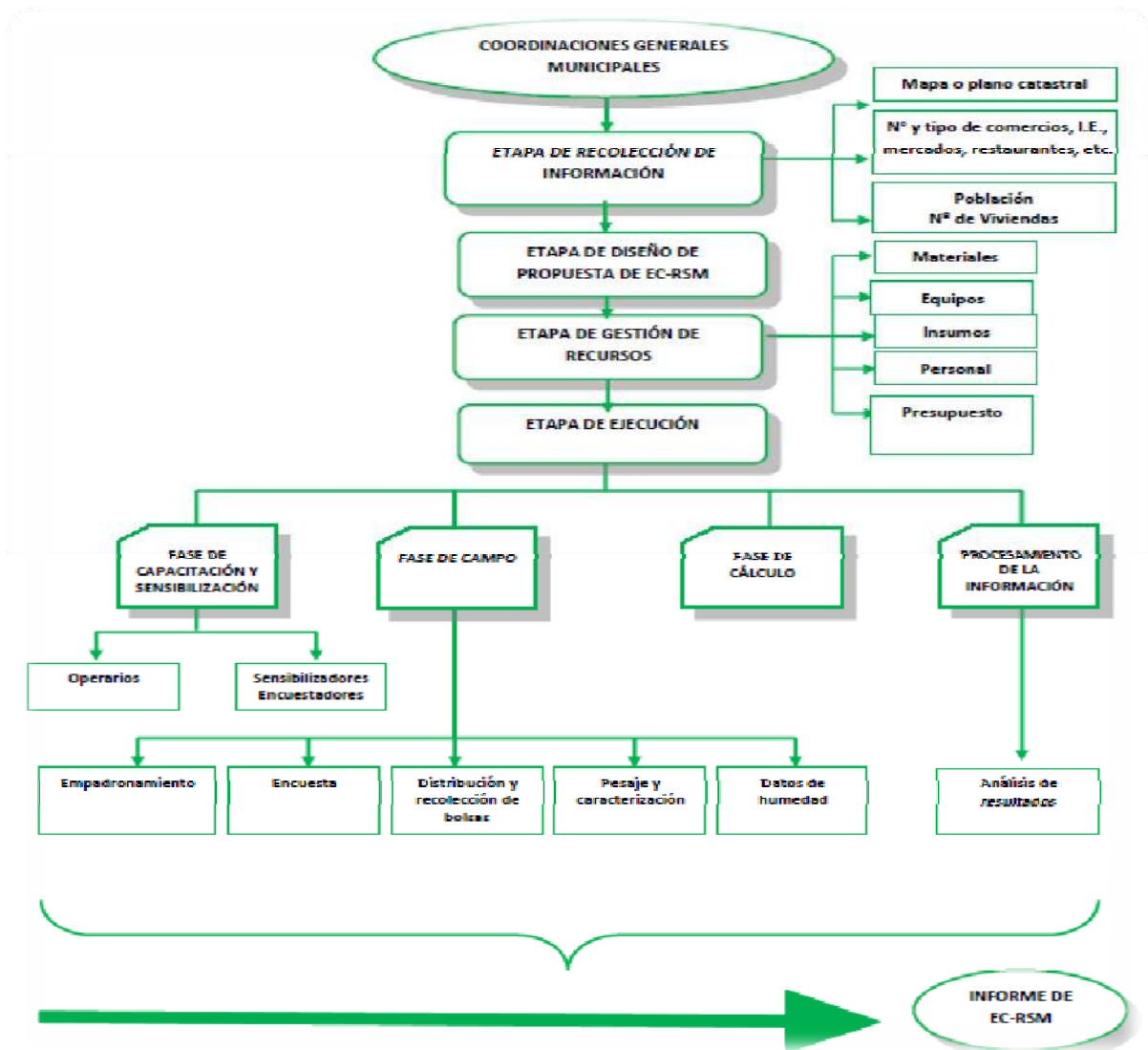
Se debe repetir el procedimiento durante los siete días que dura el muestreo de los residuos. Hay que recordar que de los ocho días iniciales que dura el muestreo, se elimina la muestra del primer día por no considerarla útil.

2.2 Secuencia Lógica de Intervención para la realización del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos.

El diagrama siguiente muestra la secuencia lógica de intervención para la realización del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos (residuos sólidos domiciliarios y residuos sólidos no domiciliarios), ambos componentes requieren los mismos pasos en cuanto a la planificación y al análisis de la información.

La secuencia utilizada para determinar los residuos domiciliarios:

- Se realiza la difusión y explicación del propósito del estudio.
- Se entregan las bolsas para clasificación de los residuos.
- Se recolectan las bolsas de los hogares y establecimientos.
- Se trasladan las bolsas al lugar de trabajo (espacio identificado para el estudio).
- Se procede a realizar el pesaje.
- Se calcula el volumen, densidad.
- Se determina la generación y la composición física de los residuos.
- Se toma una muestra aleatoria de los establecimientos comerciales.



Fuente: Guía Metodológica para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales (EC-MRS).

Figura 15 Secuencia lógica de intervención para la caracterización R.S.

2.3 Análisis y procesamientos de los resultados

2.3.1 Validación de datos

En el proceso de validación se calcula un nuevo número de muestra “N”, asumiendo que el número de muestra inicial es “M”, entonces:

Si $N > M$, se valida la muestra

Si $N < M$, hay que efectuar un estudio para las viviendas restantes (M-N)

2.3.2 Procesar las encuestas

Luego de haber aplicado las encuestas a los propietarios de las viviendas y los comercios, es necesario procesar las encuestas de percepción del manejo de residuos sólidos a través de diferentes preguntas e interpretarlas mediante gráficos.

Los resultados se presentan en el informe mediante cuadros, gráficos e interpretaciones de estos.

2.3.3 Sistematizar los datos

Para sistematizar los datos se recomienda usar los siguientes formatos y se adecuarán acorde a las diferentes actividades (viviendas, comercios, barridos de calles, mercados, hoteles, instituciones, etc.). Ver ejemplo de formato de residuos domiciliarios y comerciales.

Tabla 11 Formato para pesaje de los residuos sólidos domiciliarios

MUNICIPIO: _____											
ESTUDIO EN LAS VIVIENDAS											
VIVIENDA	Hab	PESO								Peso Promedio	PPC (Kg/hab/día)
		0	1	2	3	4	5	6	7		
1)											
2)											
3)											
4)											
5)											
...											
N viviendas											

Tabla 12 Formato pesaje de los residuos sólidos comerciales

MUNICIPIO: _____											
ESTUDIO EN LOS COMERCIOS											
COMERCIOS	Actividad	PESO								Peso Prom.	PPC (Kg/Co/día)
		0	1	2	3	4	5	6	7		
1)											
2)											
3)											
4)											
5)											
...											
N COMERCIOS											

2.3.4 Elaboración de conclusiones del Estudio

Se deberá elaborar un informe de resultados para presentar al municipio. El mismo debe contener como mínimo información sobre la metodología utilizada y un registro de los datos obtenidos.

Se registrarán los resultados de Generación Per – Cápita en los ámbitos de estudio en kg./hab./día.

Se registrarán los resultados de la Generación total de residuos sólidos para el ámbito de trabajo expresadas en Ton/día.

Se registrarán los resultados de la densidad de residuos sólidos expresada en kg/m³.

En el caso de composición física de los residuos sólidos domiciliarios se obtienen los residuos aprovechables y residuos no aprovechables expresados en porcentajes (%).

Se registrarán los resultados de la humedad en porcentaje (%).

BIBLIOGRAFÍA

- Manual para Determinar la Cantidad y Composición de Residuos Sólidos Municipales. Proyecto de Seguimiento al Manejo Adecuado de los Residuos Sólidos en Santo Domingo de Guzmán, Distrito Nacional. Dirección General de Aseo Urbano y Equipos. Santo Domingo, Distrito Nacional, República Dominicana. Marzo 2011.
- Estudio de Cantidad y Composición de Residuos para el “Plan Maestro Para Manejo Integral De Los Residuos Sólidos En La Mancomunidad de Ayuntamientos del Gran Santo Domingo, República Dominicana. Marzo 2013.
- Mazzeo, N.M. 2012. Manual para la sensibilización y educación ambiental: gestión integral de residuos sólidos urbanos. 1ª ed. San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (Argentina). ISBN 978-950-532-187-2.
- Guía Metodológica para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales (EC-MRS). Ministerio del Ambiente MINAM, República del Perú. S/A.
- Guía para El Diseño, Construcción y Operación De Rellenos Sanitarios Manuales. Jorge Jaramillo, Universidad De Antioquia, Colombia. Cepis – Ops, 2002.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para Viviendas.

Anexo 2. Presupuesto de Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos
Municipales.

Anexo 3. Formato Composición Física de Residuos Sólidos

Anexo 4. Formato Densidad Residuos Sólidos