



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

# GUÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES



## INDICE DE CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN .....	6
2. OBJETIVO DE LA GUÍA.....	6
3. ¿A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDA LA GUÍA?.....	6
4. ¿QUÉ ES LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES? .....	7
5. CONSIDERACIONES PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO .....	7
6. TEMPORALIDAD DEL ESTUDIO.....	7
7. BASE LEGAL.....	7
8. ETAPAS PARA ELABORAR E IMPLEMENTAR EL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.....	9
8.1 ETAPA DE PLANIFICACIÓN .....	10
8.1.1 Conformar el equipo de planificación .....	10
8.1.2 Conformar el equipo de campo.....	11
8.1.3 Asegurar los aspectos logísticos .....	13
8.1.4 Identificación de muestras por fuentes de generación.....	17
8.2 ETAPA DE TRABAJO DE CAMPO Y OPERACIONES.....	32
8.2.1 Procedimiento para la participación de los predios en el estudio .....	33
8.2.2 Procedimiento para el manejo de las muestras.....	35
8.2.3 Procedimiento para el análisis de las muestras .....	36
8.3 ETAPA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	44
8.3.1 Estimación de generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios .....	44
8.3.2 Validación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios .....	45
8.3.3 Estimación de generación de residuos sólidos no domiciliarios .....	47
8.3.4 Estimación de generación de residuos sólidos especiales .....	49
8.3.5 Estimación de la generación total de residuos sólidos municipales .....	49
8.3.6 Estimación de la densidad de residuos sólidos .....	49
8.3.7 Estimación de la composición de residuos sólidos.....	51
8.3.8 Estimación de la humedad de residuos sólidos.....	52
9. LITERATURA CONSULTADA.....	52
GLOSARIO .....	54
ANEXOS.....	57
Anexo 1: Lineamientos de capacitación a sensibilizadores .....	58
Anexo 2: Modelo de documento de invitación a participar del estudio .....	59
Anexo 3: Modelo de material de sensibilización a la población para la participación en el estudio. ....	60
Anexo 4: Modelo referencial de material de sensibilización a la población para la participación en el estudio (continuación del anexo 03).....	61
Anexo 5: Metodología para determinar el tamaño de muestras domiciliarias.....	62



Anexo 6: Modelo de registro de vivienda participante .....	68
Anexo 7: Seguridad y salud en el trabajo .....	69
Anexo 8: Modelo referencial de cadena de custodia para el análisis de residuos sólidos.....	71
Anexo 9: Contenido del informe final del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales .....	72
Anexo 10: Formatos para cálculos de parámetros .....	73
Anexo 11: Ejemplo de validación de la generación per cápita (GPC) para generadores domiciliarios.....	73



## Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de análisis de las principales gerencia u oficinas involucradas en la elaboración del estudio .....	10
Tabla 2: Personal de campo para la realización del estudio .....	11
Tabla 3: Materiales y equipos a utilizarse en el estudio.....	15
Tabla 4: Equipos de protección e indumentaria a utilizarse en el estudio.....	17
Tabla 5: Clasificación de fuentes de generación .....	17
Tabla 6: Tamaños de muestra para diversas cantidades de viviendas en las ciudades o localidades .....	19
Tabla 7: Zonificaciones recomendadas de acuerdo a rangos para cantidades de viviendas en los distritos.....	20
Tabla 8: Representatividad por nivel socioeconómico en generadores no domiciliarios.....	20
Tabla 9: Número de muestras por nivel socioeconómico .....	21
Tabla 10: Clasificación de los generadores no domiciliarios .....	24
Tabla 11: Ejemplo de clasificación de generadores no domiciliarios .....	24
Tabla 12: Tamaños de muestra para diversas cantidades de generadores no domiciliarios en las ciudades o localidades.....	26
Tabla 13: Representatividad por fuentes de generación de residuos sólidos no domiciliarios .....	26
Tabla 14: Total de muestras por fuente de generación de residuos sólidos no domiciliarios.....	27
Tabla 15: Subdivisión de muestras en clases de generación de residuos sólidos en establecimientos comerciales.....	27
Tabla 16: Total de muestras por clases de establecimientos comerciales.....	28
Tabla 17: Ejemplo de categorización de mercados .....	29
Tabla 18: Ejemplo de determinación del número de muestras por categoría de mercado .....	30
Tabla 19: Ejemplo de determinación de número de muestras por subclases de Instituciones Educativas .....	30
Tabla 20: Identificación de rutas de barrido y limpieza de espacios públicos .....	31
Tabla 21: Codificación sugerida por fuentes de generación de residuos sólidos.....	34
Tabla 22: Codificación sugerida por clases.....	35
Tabla 23: Ficha de registro de pesos de muestras para el análisis de composición de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios.....	40
Tabla 24: Matriz de cálculo de la generación per cápita domiciliaria para cada zona de la muestra .....	45
Tabla 25: Ejemplo de cálculo de la generación per cápita domiciliaria .....	46
Tabla 27: Datos para el cálculo del volumen.....	50
Tabla 28: Determinación de la densidad .....	51
Tabla 26: Ejemplo de composición de residuos sólidos .....	51
Tabla 29: Cálculo total de humedad.....	52



## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Flujograma de las etapas del estudio y los pasos a seguir.....	9
Ilustración 2: Organización del equipo de campo .....	11
Ilustración 3: Modelo de identificación de personal de campo para el estudio .....	15
Ilustración 4: Mapa catastral de la ciudad para realizar la distribución de la muestra.....	22
Ilustración 5: Ejemplo de delimitación de sectores en el mapa catastral de la ciudad.....	22
Ilustración 6: Distribución aleatoria de las muestras .....	23
Ilustración 7: Procedimiento para la participación de los predios en el estudio .....	33
Ilustración 8: Modelo de sticker para identificación de predios .....	34
Ilustración 9: Procedimiento para el manejo de muestras .....	35
Ilustración 10: Procedimiento para el análisis de las muestras .....	36
Ilustración 11: Procedimiento de muestreo para análisis de humedad de residuos sólidos.....	43



## 1. PRESENTACIÓN

De acuerdo a las cifras oficiales con las que cuenta el país, se presentan marcadas brechas en la prestación de los servicios de limpieza pública a nivel municipal. Para poder *desarrollar las operaciones y procesos que aseguren la gestión de estos residuos*, es necesario caracterizarlos a través de estudios que permitan dimensionar adecuadamente los requerimientos particulares en cada distrito.

En la actualidad gran parte de las municipalidades desarrollan las operaciones y procesos para el manejo de residuos sólidos sin contar con información básica acerca de la generación de residuos sólidos y su caracterización lo cual se ve reflejada en la baja calidad del servicio brindado y muchas veces en la improvisación de tecnologías que se adecuan a las características de la zona de desarrollo.

En ese sentido, es importante contar con una metodología estandarizada sobre la cual las municipalidades a nivel nacional puedan desarrollar estudios de caracterización que generen resultados consistentes, permitiendo el diseño de todas las operaciones y procesos del manejo de los residuos sólidos.

Para cumplir con este fin, el Ministerio del Ambiente propone la presente guía, la cual *permitirá orientar a los servidores civiles de las municipalidades responsables de la gestión integral de los residuos sólidos en el desarrollo de estudios de caracterización.*

El estudio permitirá determinar la generación de residuos sólidos por cada habitante por día o generación per cápita (GPC), que es un dato comparable entre diferentes ámbitos de estudios; la generación total del municipio en función a la cantidad de habitantes; la densidad que permite dimensionar diversos sistemas de almacenaje, transporte y disposición final; la composición por tipo de residuos que permite recomendar diversos tipos de *intervención como la valorización orgánica o inorgánica*; y el contenido de humedad, que permitirá aprobar o descartar ciertas tecnologías a aplicar para la disposición final.

## 2. OBJETIVO DE LA GUÍA

Esta guía tiene por objetivo orientar la elaboración de Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM) mediante pautas metodológicas que describen *en forma clara y sencilla los pasos para la obtención de cifras locales relacionadas a estos residuos.*

## 3. ¿A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDA LA GUÍA?

Esta guía está dirigida a:

- Servidores civiles de municipalidades que son responsables y participan de la gestión de *los residuos sólidos municipal*
- Especialistas que trabajan en el manejo de residuos sólidos.
- Otros profesionales y técnicos interesados en participar en el proceso de manejo de residuos sólidos.



#### 4. ¿QUÉ ES LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES?

Es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos, en este caso municipales. La caracterización de residuos sólidos municipales se realiza a través de un estudio, en el cual se obtienen datos tales como: la cantidad, densidad, composición y humedad de los residuos sólidos en un determinado ámbito geográfico. Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos, y la planificación administrativa y financiera del servicio de limpieza pública.

El estudio de caracterización representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos para la gestión de los residuos sólidos, así como proyectos de inversión y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.

#### 5. CONSIDERACIONES PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO

La actualización del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales se realiza cada 5 años.

Cabe señalar que para la actualización del estudio, las municipalidades deben considerar mínimamente los siguientes aspectos:

- Crecimiento poblacional.
- Desarrollo o incremento de actividades económicas: comerciales, productivas, servicios, extractivas y otras que desarrollen en su distritos.
- Implementación de estrategias de minimización de residuos sólidos.

#### 6. TEMPORALIDAD DEL ESTUDIO

El estudio de caracterización deberá realizarse sobre una generación regular de residuos en el ámbito del distrito, en este sentido la ejecución no deberá realizarse en épocas donde la generación de residuos disminuya o aumente significativamente.

En casos donde exista diferencias significativas en la generación de residuos sólidos en las diferentes temporadas del año, es necesario realizar más de un estudio; por ejemplo: en el caso de balnearios se podría realizar un estudio en temporada alta y otro en temporada baja. Esta condición puede ayudar con información para que el municipio, por ejemplo, determine el alquiler de maquinarias y equipos o mejore la programación de recursos físicos y financieros, que asegure un correcto servicio de limpieza pública.

#### 7. BASE LEGAL

- Resolución Ministerial N° 191-2016-MINAM, que aprueba el “Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PLANRES 2016-2024”.
- Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.



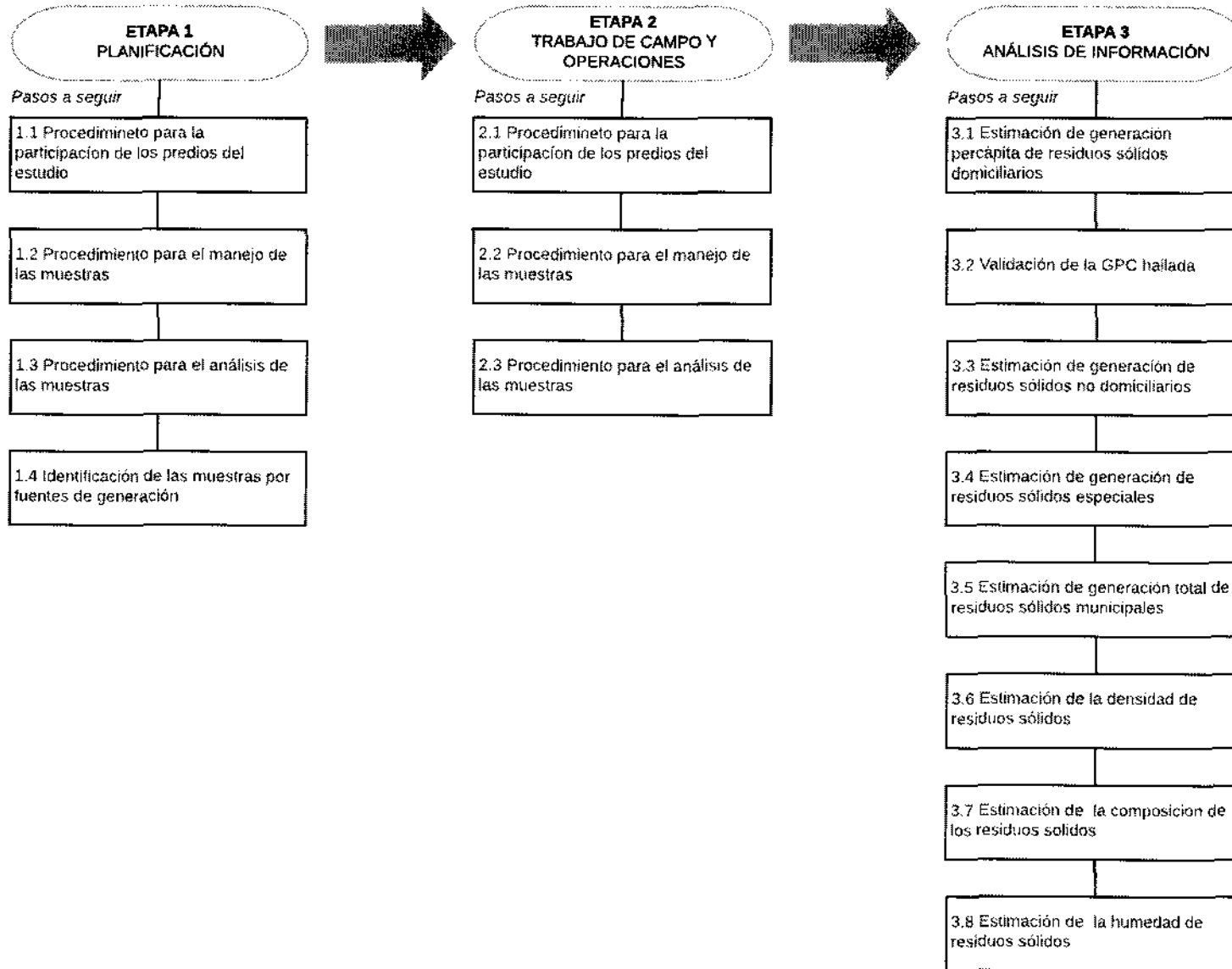
- Decreto Supremo N° 017-2017-TR, que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Obreros Municipales del Perú.
- Resolución Ministerial N° 249-2017-TR, que establece disposiciones técnicas y medidas complementarias al Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo de los Obreros Municipales del Perú.
- Ley N° 24419, "Ley que regula la actividad de los recicladores" y su reglamento aprobado con el D.S 005-2010-MINAM.





8. ETAPAS PARA ELABORAR E IMPLEMENTAR EL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

Ilustración 1: Flujograma de las etapas del estudio y los pasos a seguir



## 8.1 ETAPA DE PLANIFICACIÓN

Esta etapa incluye la conformación de equipos con los que se desarrollará el estudio a fin de favorecer la operatividad del mismo, para evitar o minimizar los costos de posibles imprevistos que puedan generarse. Para ello deberá considerar lo siguiente:

### 8.1.1 Conformar el equipo de planificación

El equipo de planificación responsable del estudio debe ser designado a través de un documento oficial<sup>1</sup> emitido por la autoridad municipal, ya sea el/la alcalde o el/la gerente municipal. Dicho equipo debe estar conformado por los representantes de las siguientes gerencias/subgerencias, según corresponda:

- Medio Ambiente o quien haga sus veces
- Limpieza Pública o quien haga sus veces
- Rentas y Catastro o quien haga sus veces
- Planificación y Presupuesto o quien haga sus veces
- Administración o quien haga sus veces
- Logística o Abastecimiento o quien haga sus veces

*Tabla 1: Matriz de análisis de las principales gerencia u oficinas involucradas en la elaboración del estudio*

Área/Gerencia/Subgerencia	Responsabilidad
Medio Ambiente o quien haga sus veces	Conducir y gestionar el proceso para elaborar el estudio. Aprobar el Plan de Trabajo elaborado por el responsable del equipo de campo.
Limpieza Pública o quien haga sus veces	Supervisar la integridad del desarrollo del trabajo de campo.
Rentas y Catastro o quien haga sus veces	Facilitar la información para el desarrollo del estudio como mapas de zonificación, direcciones actualizadas, actividad de los predios, entre otros.
Planificación y Presupuesto o quien haga sus veces	Programar y asegurar el presupuesto para el desarrollo del estudio
Administración o quien haga sus veces	Asegurar los procesos para la adquisición de insumos y bienes para el desarrollo del estudio
Logística o Abastecimiento o quien haga sus veces	Asegurar la distribución y entrega oportuna de los insumos y bienes para el desarrollo del estudio

Fuente: Elaboración propia

El equipo de planificación deberá brindar al responsable de equipo de campo la siguiente información: Plano catastral del distrito, base de datos de predios actualizado que incluya el número de establecimientos comerciales por rubro, generadores de residuos especiales y viviendas por nivel socioeconómico; la base de datos de las personas (promotores ambientales, operarios de campo, padrón de asociaciones de recicladores y otros) que participarán en el estudio.

<sup>1</sup> Resolución de Alcaldía o Resolución de Gerencia Municipal



El equipo de planificación recibirá el informe final elaborado por el responsable del equipo de campo y lo elevará a la alcaldía o gerencia municipal para su aprobación mediante documento oficial<sup>2</sup>.

### 8.1.2 Conformar el equipo de campo

Para la conformación del equipo de campo se requiere contar con un/una responsable (profesional o técnico/a), que cuente con experiencia en la elaboración de estudios de caracterización de residuos sólidos municipales, así como vínculo laboral vigente con la municipalidad. El/la responsable será designado/a por el equipo de planificación mediante documento oficial<sup>3</sup>.

El/la responsable debe conformar los/las integrantes del equipo de campo para el desarrollo del estudio. Dicho equipo podrá ser conformado por trabajadores/as de la municipalidad, voluntarios/as, estudiantes universitarios/as<sup>4</sup>, asociación de recicladores/as y comunidad en general.

Ilustración 2: Organización del equipo de campo

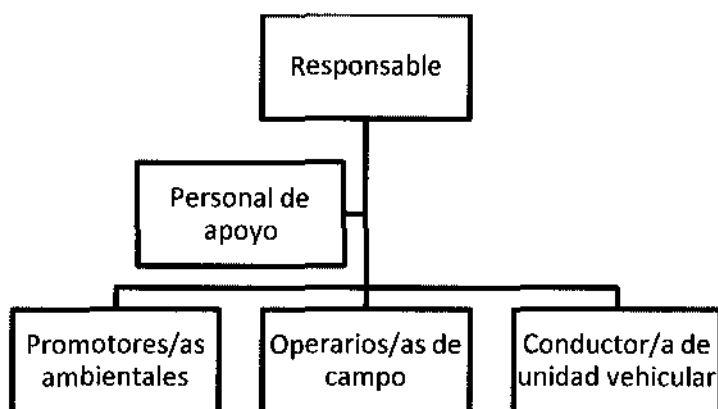


Tabla 2: Personal de campo para la realización del estudio

Personal	Responsabilidad	Tareas
Profesional o técnico responsable	Liderar el proceso de desarrollo y culminación del estudio. Supervisar y monitorear la integridad del trabajo de campo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Coordinar directamente con el equipo técnico respecto al abastecimiento de bienes, insumos e información.</li> <li>✓ Elaborar el plan de trabajo para el desarrollo del estudio y presentarlo al Gerencia/Subgerencia de Medio Ambiente o quien haga sus veces para su aprobación.</li> <li>✓ Realizar el reconocimiento de las zonas de trabajo.</li> <li>✓ Aplicar la metodología y procedimientos para el trabajo de campo del estudio.</li> </ul>

<sup>2</sup> Resolución de Alcaldía o Resolución de la Gerencia Municipal

<sup>3</sup> Memorando emitido por el área/gerencia o subgerencia de Medio Ambiente o quien haga sus veces.  
Estudiantes de carreras técnicas y profesionales de ingeniería, ciencias u otros.



Personal	Responsabilidad	Tareas
		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacitar y asignar tareas al equipo de campo.</li> <li>✓ Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad, salud e higiene en el trabajo.</li> <li>✓ Gestionar la recolección y transporte de las muestras de los residuos para su <i>disposición final</i> adecuada.</li> <li>✓ Gestionar con el laboratorio el horario del ingreso de las muestras para el análisis de humedad.</li> <li>✓ Analizar la información y generar resultados.</li> <li>✓ Elaborar el informe del estudio y presentarlo al equipo técnico, de acuerdo al Anexo 09.</li> </ul>
Personal de apoyo	Apoyar al responsable para el cumplimiento del desarrollo y culminación del estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inventariar y entregar con cargo los materiales, insumos e implementos al personal promotor, operario y conductor de la unidad vehicular.</li> <li>✓ Realizar el seguimiento de las labores de los promotores, operarios y conductor de la unidad vehicular.</li> <li>✓ Registrar los datos de pesaje y composición de los residuos.</li> <li>✓ Realizar el muestreo para la determinación de humedad.</li> <li>✓ Verificar la operatividad de los equipos (balanza digital, cámara fotográfica, etc.) y la unidad vehicular antes y después de las actividades diarias.</li> </ul>
Promotores /as ambientales	Asegurar la participación de los/las generadores en el estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacitar y empadronar a los/las participantes del estudio.</li> <li>✓ Acompañar permanentemente a los/las operarias de campo.</li> </ul>
Operarios/as de campo	Realizar la recolección de las muestras de residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entregar los insumos (bolsas) a los/las participantes.</li> <li>✓ Recolectar, pesar y clasificar las muestras de residuos sólidos conforme a los lineamientos señalados por el/la responsable.</li> </ul>
Conductor/a de unidad vehicular de recolección	Asegurar el adecuado transporte de las muestras de residuos por las rutas y horarios de recolección establecidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar la revisión y limpieza de la unidad vehicular antes, durante y después de la recolección diaria.</li> <li>✓ Reportar oportunamente el abastecimiento de combustible al responsable de campo.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

La cantidad necesaria de promotores/as ambientales, operarios/as de campo y conductores/as de la unidad vehicular estará de acuerdo al ámbito de estudio, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:



- Cantidad de predios (incluyen establecimientos comerciales por rubro, generadores de residuos especiales y viviendas por nivel socioeconómico).
- Extensión, ámbito y condiciones geográficas.
- Nivel socioeconómico.
- Movimiento comercial que se evidencie, y otros que considere relevantes.

### 8.1.3 Asegurar los aspectos logísticos

Los principales aspectos logísticos para el desarrollo del trabajo de campo serán:

a) Espacio físico:

La municipalidad deberá habilitar un espacio físico para realizar el acopio de las muestras, pesaje y clasificación a fin de obtener datos técnicos conforme a la metodología del estudio.

Para la identificación del espacio físico se debe considerar: ámbito geográfico y el tamaño de la muestra. El/la responsable de campo deberá proponer el espacio físico en coordinación con el equipo técnico, y realizar las coordinaciones con la gerencia/subgerencia respectiva.

Dicho espacio deberá estar ubicado en un lugar de fácil acceso para la recepción de las muestras y contar con lo siguiente:

- Cerco perimétrico o un espacio físico con cercado.
- Piso de fácil lavado<sup>5</sup>.
- Servicios higiénicos (que incluya duchas y vestidores), según disponibilidad.
- Servicios básicos (luz, agua y desagüe), según disponibilidad.
- Almacén.
- Techo según las condiciones climáticas.
- Accesibilidad a implementos de seguridad (extintor, botiquín)

b) Unidad vehicular para la recolección y transporte de residuos sólidos:

La unidad vehicular para la recolección y transporte de residuos sólidos debe tener una capacidad de carga conforme al volumen de las muestras de los residuos a recolectar. Las unidades vehiculares a ser utilizadas, pueden ser: camión baranda, motofurgón, triciclo (a pedal y motorizado) entre otros.

c) Logística para la capacitación del equipo de campo:

La capacitación que brindará el responsable a los/las promotoras ambientales, operarios/as de campo y conductor/a, es importante para lograr el desarrollo adecuado del estudio, de acuerdo a la metodología planteada en la presente guía.

Para el desarrollo de la capacitación se deberá considerar con lo siguiente:

- Ambiente adecuado (aula, auditorio, sala de reuniones, entre otros).

<sup>5</sup> Se recomienda piso de concreto o piso con cubierta impermeabilizante



- Pizarra y/o papelotes.
- Carpetas o sillas.
- Computadora.
- Presentación didáctica en Power Point.
- Proyector y écran o pantalla.

Asimismo, se recomienda un contenido mínimo para las capacitaciones, el cual es el siguiente:

- Lineamientos generales de la gestión de residuos sólidos.
- ¿Qué es el estudio de caracterización de residuos sólidos y para qué sirve?.
- Metodología para el desarrollo del estudio.
- ¿Cómo será el trato a los/las participantes del estudio? (se sugiere dinámica de juego de roles).
- Aspectos de salud y seguridad.

Además señalar, que en el Anexo 01 se presentan lineamientos de capacitación a sensibilizadores.

**CONSIDERACIONES:**

- *En ocasiones es posible utilizar los ambientes de una universidad local, así como los locales comunales con los que cuentan algunas organizaciones vecinales o los auditorios municipales.*
- *Evitar que la capacitación sea en oficinas, patios, pasadizos y cualquier otro espacio que se abierto o en el que haya flujo de personas que no sea parte del proceso, dado que puede generar incomodidades mutuas e interrumpir la atención del público objetivo.*

d) Asegurar la provisión de insumos:

Se deben utilizar materiales de comunicación que ayuden a recordar a los/las participantes la importancia del estudio. En el caso de la comunicación formal se emite un oficio o una carta de invitación a los/las participantes (generadores/as) para comunicar que la municipalidad realizará el estudio. En el Anexo 02 se presenta el modelo de documento de invitación para participar del estudio.

Los materiales de difusión pueden ser: dípticos, trípticos, sticker de identificación de predios, entre otros; los cuales deben reflejar las características locales, deben tomar en cuenta la identificación del público objetivo hacia quien será dirigido y el lenguaje cotidiano y coloquial de las personas del lugar, evitando usar tecnicismos. En el Anexo 03 y 04 se presenta el modelo referencial de material de sensibilización a la población para la participación en el estudio.

Asimismo, deberá considerar un documento que identifique a los promotores ambientales y a los operarios de recolección de los residuos sólidos, los cuales pueden ser: fotochecks, carta de presentación entre otro documento de acreditación de la municipalidad.



Ilustración 3: Modelo de identificación de personal de campo para el estudio

LOGO DE LA MUNICIPALIDAD	<b>ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE</b> .....
FOTO	NOMBRES Y APELLIDOS ..... .....
	DNI: .....
	VIGENCIA DEL ESTUDIO: .....

e) Diseño y elaboración de registros:

Los registros vienen a ser todos los documentos y medios que evidencian una acción, los cuales serán analizados para la elaboración del informe final del estudio. Por ejemplo: padrones de participación, fichas de campo, formatos que se utilizan para la toma de datos, entre otros.

Un tipo de registro que no es físico, pero que debe diseñarse con la debida anticipación es la codificación de los generadores domiciliarios, no domiciliarios y especiales, ya que este código debe mostrar en uno solo el número de la unidad muestral, la zona a la que pertenece, el tipo de unidad predial (vivienda, instituciones públicas y privadas, comercio, servicios entre otros).

f) Materiales y equipos para el estudio:

Los materiales y equipos utilizados para el estudio se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 3: Materiales y equipos a utilizarse en el estudio

Material o equipo	Finalidad	Especificaciones
Bolsas	Para almacenamiento de residuos en los predios participantes <sup>6</sup>	Capacidad desde 40 l Espesor desde 50 µm
	Para el muestreo de análisis de humedad	Bolsa hermética de capacidad de 2 kg
Balanza digital	Para pesaje de las muestras de residuos	Registro de peso hasta 100 kg y nivel de precisión 0,50 g.
Cilindros	Para la estimación de la densidad de los residuos sólidos	Metal o plástico de medidas uniformes (con una capacidad aproximada de 200 l)

<sup>6</sup> Si se cuenta con diferentes zonas o clases, se puede optar por trabajar con bolsas de diferentes colores o tamaños.



Material o equipo	Finalidad	Especificaciones
Manta de segregación	Para la segregación de residuos sólidos y proteger el piso durante el estudio de las muestras de los residuos sólidos, así como asegurar que las muestras de los residuos sólidos no se contaminen con tierra (en caso el piso sea de suelo natural) u otros materiales ajenos.	De polietileno, espesor entre 2 $\mu\text{m}$ y 2,5 $\mu\text{m}$  Se recomienda como mínimo medidas de 04 m por 04 m
Wincha	Para la estimación de la densidad de los residuos sólidos	Longitud mínima de 3 m
Caja hermética (cooler o caja de tecnopor	Para el traslado y conservación de las muestras para la determinación de la humedad de los residuos sólidos. Se recomienda cumplir con todas la especificaciones dadas por el laboratorio que realizará el análisis de humedad correspondiente.	Dimensiones mínimas de 0,25 m (ancho), 0,35 m (largo) y 0,25 m (altura)
Útiles de escritorio: Plumones indelebles, lapiceros, plumones para pizarra acrílica, tijeras, cinta adhesiva, engrapador, tableros, entre otros	Para el desarrollo del estudio en campo	
Herramientas y materiales para la limpieza: Escobas, recogedores, lampas, detergente, lejía, entre otros	Para la limpieza del espacio que se ha utilizado para el estudio de las muestras de los residuos sólidos	
Útiles de aseo personal y botiquín	Para la limpieza y cuidado del personal de campo	
Computadora	Para el cálculo de los parámetros y elaboración del documento del estudio	
Cámara fotográfica	Para el registro fotográfico de todas las etapas para el desarrollo del estudio	

Fuente: Elaboración propia

g) Equipos de protección personal e indumentaria:

Los equipos de protección personal que se requerirán mínimamente son los siguientes:





Tabla 4: Equipos de protección e indumentaria a utilizarse en el estudio

Material o equipo	Especificaciones
Mascarillas	Con bandas elásticas pre-estirables, ajustable a la nariz y con filtro que proteja de partículas, bacterias y vapores orgánicos
Guantes	Blandos, de nitrilo y neopreno
Mandiles	Material de plástico tipo PVC que cubra hasta debajo de la rodilla
Uniforme	Material transpirable según las medidas antropométricas de los operarios. También se deberá tener en cuenta las condiciones geográficas y climáticas de cada región.
Gorra	Que cubra el cabello y el material debe ser según las condiciones climatológicas de la región
Calzado	Botas de jebe alta, livianas, con doble forro, interior antihongos y suela antideslizante
Lentes de seguridad	Transparentes, antiralladura, antiempañante

Fuente: Elaboración propia

#### 8.1.4 Identificación de muestras por fuentes de generación

De acuerdo a la normativa vigente en gestión de residuos sólidos, los residuos sólidos municipales pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Residuos sólidos domiciliarios, que comprenden específicamente las viviendas, entendiéndose como tales a cualquiera de los predios con el uso específico “casa habitación”.
- Residuos sólidos no domiciliarios, que comprenden una amplia variedad de actividades económicas e institucionales: establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, mercados, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos.
- Residuos sólidos municipales especiales, que comprenden a aquellos residuos que siendo generados en áreas urbanas, por su volumen o características, requieren de un manejo particular, tales como residuos de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, centros comerciales, eventos masivos como conciertos, concentraciones y movilización temporal humana, ferias, residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales.

Tabla 5: Clasificación de fuentes de generación

Tipos de Generadores	Fuentes de Generación	Clases/Nivel Económico	Subclases
Domiciliarios	Viviendas	Alta, media, baja	En el caso que aún se evidencien diferencias significativas en las clases determinadas, estas se
	Establecimientos comerciales	Bodega, ferretería, panadería, librerías, bazares, cabinas de internet, locutorios,	



Tipos de Generadores	Fuentes de Generación	Clases/Nivel Económico	Subclases
No domiciliarios <sup>7</sup>		farmacias y boticas, salones de belleza, peluquerías, centros de entretenimiento (cines, discotecas, casinos, entre otros)	podrán subdividir para realizar las proyecciones de generación de manera más consistente, por ejemplo en instituciones educativas se pueden evaluar las clases "Colegios" y "Universidades" que se pueden dividir por el número de alumnos en "Colegios con 200 o más alumnos", "Colegios con menos de 200 alumnos", "Universidades con 200 o más alumnos" y "Universidades con menos de 200 alumnos".
	Hoteles	Hostal, hotel, hospedaje	
	Mercados	Mayoristas y minoristas	
	Instituciones públicas y privadas	Entidades públicas y privadas, iglesias, bancos, oficinas administrativas	
	Instituciones Educativas	Colegios, universidades, institutos, academias	
	Restaurantes	Chifa, cevicherías, picanterías, establecimientos de comida rápida, bares	
	Barrido y limpieza públicos	Servicio de barrido y limpieza de espacios públicos de calles.	
Especiales <sup>8</sup>	Lubricentros	----	
	Laboratorios de ensayos ambientales y similares	----	
	Centros veterinarios	----	
	Centros comerciales	----	
	Eventos masivos	----	
	Ferias	----	

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo y distribución de las muestras necesarias para realizar el estudio, cada una de estas fuentes de generación de residuos sólidos deberá analizarse independientemente de la siguiente manera:

- a) Identificación de generadores domiciliarios:
  - a.1) Tamaño de muestra

Existen diversos métodos estadísticos para determinar un número mínimo de muestras para este tipo de estudios, los mismos se basan principalmente en el tamaño de la población, la *variabilidad* que presenta y las distorsiones que se pueden dar en el muestreo; para este tipo de estudios se determinará el tamaño muestral teniendo como base que la población tiene una distribución normal.

En la aplicación de guías anteriores se han evidenciado dificultades al momento de aplicar fórmulas de determinación del tamaño muestral, en la presente guía y con fines prácticos

<sup>7</sup> Para la definición de este tipo de generadores, se deberá tener en cuenta lo dispuesto en el artículo 34 del Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y conforme a las disposiciones de la Autoridad Competente.  
<sup>8</sup> Se consideran los residuos similares a los municipales, quedando exceptuados los residuos peligrosos.



se presentan los rangos de tamaño de muestras, conforme a la tabla 6, que las municipalidades deben considerar de acuerdo a la cantidad de viviendas en cada distrito, de modo que no se generen controversias. Cabe señalar que en el Anexo 5 se presenta la metodología realizada para determinar las mismas.

Tabla 6: Tamaños de muestra para diversas cantidades de viviendas en las ciudades o localidades

Rango de viviendas (N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestras de contingencia (20% de n)	Total de muestras domiciliarias
Hasta 500 viviendas	45	9	54
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	71	14	85
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	94	19	113
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	95	19	114
Más de 10000 viviendas	95	23	119

Fuente: Elaboración propia

Para poder ubicarse dentro de alguno de estos rangos, el/la responsable del equipo de campo deberá considerar la información oficial de población del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

a.2) Organización del distrito por zonas de estudio

En algunos casos es conveniente organizar el distrito, diferenciando zonas de acuerdo a condiciones particulares; en el país, sobre todo en ciudades con una alta densidad poblacional, muchas veces existen dentro del mismo distrito diferentes niveles socio-económicos que pueden tener características variables en cuanto a parámetros como la generación o composición de residuos sólidos y que por lo tanto deben ser estudiados de manera diferenciada.

La presente guía propone niveles de zonificación del distrito, conforme a la tabla 7; esta zonificación deben realizarse solo cuando se evidencien condiciones particulares que pudieran distorsionar la proyección de los datos y deben estar acompañadas de la información necesaria para definir adecuadamente cada zona, es de resaltar que elevar innecesariamente el número de zonas no aporta a mejorar la representatividad de las muestras y genera complicaciones al momento de realizar los estudios.

La información necesaria para realizar una zonificación debe estar referida preferentemente a los niveles socioeconómicos predominantes en cada uno de las zonas. Esta información se puede encontrar en los planes de desarrollo urbano de la municipalidad u otra fuente que maneje la municipalidad.



Tabla 7: Zonificaciones recomendadas de acuerdo a rangos para cantidades de viviendas en los distritos

Rango de viviendas (N)	Zonificación
Hasta 1,000 viviendas	No Aplica
Más de 1,000 y hasta 10,000 viviendas	Hasta 02 zonas
Más de 10,000 viviendas	Hasta 03 zonas

Fuente: Elaboración propia

Para poder aplicar una zonificación se debe contar con el número total de viviendas en cada zona y distribuir la muestra de acuerdo a la representatividad de cada uno, a continuación se presenta un ejemplo de cómo podría manejarse la zonificación:

Para el presente ejemplo se tomará un distrito con 15,624 viviendas:

De acuerdo con la Tabla 6 "Tamaños de muestra para diversas cantidades de viviendas en las ciudades o localidades" a este distrito le corresponde una muestra de 119 viviendas.

De acuerdo con la Tabla 7 "Zonificaciones recomendadas de acuerdo a rangos para cantidades de viviendas en los distritos" a este distrito le corresponde un máximo de 03 zonas.

De acuerdo a la información del Plan de desarrollo urbano de la municipalidad la cantidad de viviendas en cada nivel socio - económico es la siguiente:

Tabla 8: Representatividad por nivel socioeconómico en generadores no domiciliarios

Nivel socio-económico	Cantidad de viviendas	Representatividad
A	3564 (a)	$\left(\frac{(a)}{(t)}\right) \times 100 = 23\%$
B	8713 (b)	$\left(\frac{(b)}{(t)}\right) \times 100 = 56\%$
C	3347 (c)	$\left(\frac{(c)}{(t)}\right) \times 100 = 21\%$
Total	15624 (t)	100%

Fuente: Elaboración propia

Con estos porcentajes de representatividad se debe calcular el número total de muestras (de las 119 correspondientes) a tomar en cada una de estas zonas de la siguiente manera:



Tabla 9: Número de muestras por nivel socioeconómico

Nivel socio – económico	Representatividad	Cálculo	Total de muestras por zona
A	23%	$119 \times 23\% = 27$	28
B	56%	$119 \times 56\% = 66$	67
C	21%	$119 \times 21\% = 25$	25
Total	100%	100%	120

Fuente: Elaboración propia

En general, si se obtienen cifras decimales se debe aproximar la cifra al entero inmediato superior, por ejemplo en este caso  $119 \times 56\% = 66.54 \cong 67$  viviendas. Esta operación en algunos casos puede incrementar ligeramente el total de muestras del estudio.

### a.3) Distribución de la muestra

Una vez definidos el total de viviendas y el número de zonas con el que se va a trabajar, se debe distribuir los mismos tratando de mantener el mayor nivel posible de aleatoriedad, es decir que todas las viviendas tengan la misma probabilidad de participar en el estudio.

Para cumplir con este fin el responsable del equipo de campo deberá solicitar información catastral del distrito (mapa de límites distritales que incluya las viviendas del mismo). Sobre este mapa se deben delimitar y descartar zonas industriales o de alta densidad comercial, para luego asignar, de manera aleatoria, las viviendas a evaluar. En el caso de realizar un estudio con dos o más zonas, estos deberán ser delimitados en el mapa correspondiente.

De contar con información del servicio de limpieza pública, el responsable del equipo de campo podrá acotar las urbanizaciones existentes y realizar distribución de las muestras proporcionalmente en cada uno de estos de manera aleatoria.

A continuación, se presenta un ejemplo de distribución de la muestra domiciliaria que puede servir de referencia para otros estudios:

- Para realizar una correcta distribución de la muestra, podemos tomar como referencia un mapa catastral del distrito como el siguiente:

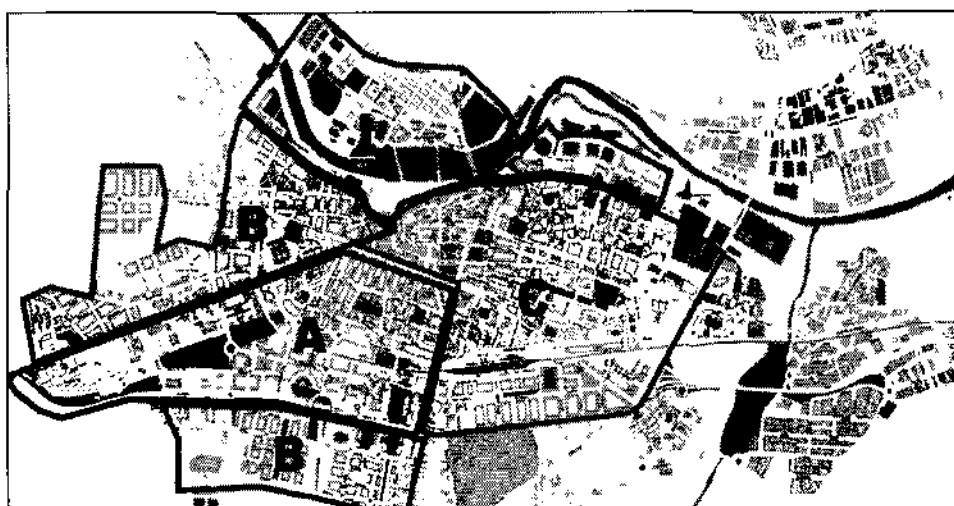


Ilustración 4: Mapa catastral de la ciudad para realizar la distribución de la muestra



- Dentro de este mapa identificaremos primero las zonas que no serán parte del estudio domiciliario como las zonas industriales o de alta densidad comercial; luego se trazaran las distintas zonas, es de hacer notar que en algunos casos una zona no se define en un solo bloque si no que puede presentarse de forma intermitente (situación recurrente en distritos de gran tamaño). Con estas consideraciones el ejemplo anterior podría quedar delimitado de la siguiente manera:

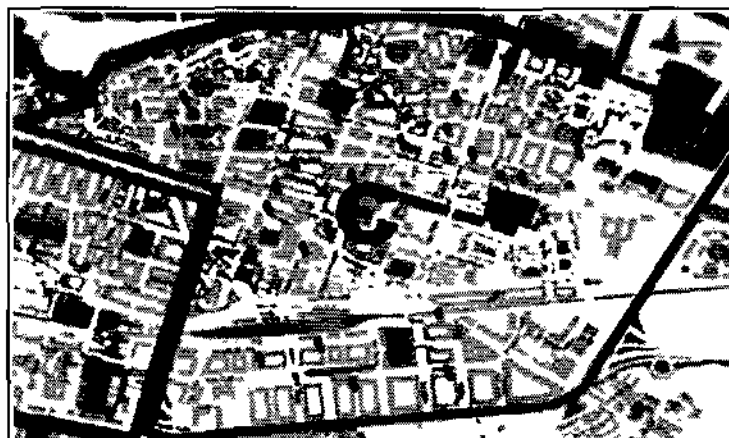
Ilustración 5: Ejemplo de delimitación de sectores en el mapa catastral de la ciudad



- En este ejemplo se ha descartado la zona delimitada de color rojo "I", por tratarse de una zona industrial que no forma parte del estudio domiciliario; asimismo se han delimitado 03 zonas (A, B y C) de acuerdo al nivel socio – económico que impera en los mismos. Se puede observar que en la zona "B" se encuentra en dos bloques separados como se describió anteriormente.
- Finalmente se deben distribuir aleatoriamente las muestras de acuerdo a la representatividad de cada zona, para este fin se puede definir un algoritmo sencillo

como asignar a cada calle o avenida un número y utilizar en un libro de Excel la fórmula “=ALEATORIO.ENTRE” para seleccionarla y volver a utilizarla de acuerdo al número de viviendas para hallar cada unidad muestral. La zona “C” del mapa en ejemplo podría quedar de la siguiente manera:

*Ilustración 6: Distribución aleatoria de las muestras*



Cada uno de los puntos rojos representa una unidad muestral (vivienda) que será parte del estudio.

b) Identificación de generadores no domiciliarios:

En el caso de los generadores no domiciliarios el análisis para determinar el tamaño de la muestra y su distribución es más complejo, esta situación se explica por la mayor variabilidad en los generadores tanto en las clases (bodegas, farmacias, ferreterías, mercados, etc.) como en el tamaño (una bodega puede ser muy pequeña incluso menos de 10 m<sup>2</sup>, puede ser mediana de 30 o 50 m<sup>2</sup>, o puede ser un mini market de más de 100 m<sup>2</sup>), esta variabilidad conlleva que el/la responsable del equipo de campo tome decisiones en función de las situaciones específicas en cada área de estudio.

La presente guía no busca mostrar las diversas situaciones que pueden presentarse en este tipo de generadores, sin embargo, ofrece lineamientos generales que orienta al responsable del equipo de campo a tomar la decisión correcta o la más apropiada.

Previo a la determinación del tamaño de muestra, se debe conocer la clasificación y total de generadores no domiciliarios. Estos generadores deben identificarse a partir de la información proporcionada por la Oficina de Comercialización y/o Catastro y/o Desarrollo Urbano<sup>9</sup> o quien haga sus veces.

Cabe precisar que cada municipalidad maneja una clasificación propia de generadores no domiciliarios, la cual para efectos de la aplicación de esta guía, deben incluirse en cualquiera de las clases mencionadas en la siguiente tabla:

<sup>9</sup> Se recomienda que las municipalidades consideren y establezcan apropiadamente los índices de uso conforme a lo señalado en la “Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas” (CIUU Revisión 4 de la Dirección Nacional de Cuentas Nacionales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI))



Tabla 10: Clasificación de los generadores no domiciliarios

Fuentes de generación	Ejemplos
Establecimientos comerciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodegas</li> <li>• Librerías</li> <li>• Bazares</li> <li>• Cabinas de internet</li> <li>• Locutorios</li> <li>• Panaderías</li> <li>• Ferreterías</li> <li>• Farmacias y boticas</li> <li>• Salones de belleza</li> <li>• Peluquerías</li> <li>• Centros de entretenimiento (cines, discotecas, casinos, entre otros)</li> </ul>
Instituciones públicas y privadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entidades públicas y privadas</li> <li>• Iglesias</li> <li>• Bancos</li> <li>• Oficinas administrativas</li> </ul>
Instituciones educativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colegios</li> <li>• Universidades</li> <li>• Institutos</li> <li>• Academias</li> </ul>
Hoteles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hospedajes</li> <li>• Hotel</li> <li>• Hostales</li> </ul>
Mercados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayoristas</li> <li>• Minoristas</li> </ul>
Restaurantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restaurantes</li> <li>• Establecimientos de comida rápida</li> <li>• Bares</li> </ul>
Barrido y limpieza de espacios públicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio de barrido y limpieza de calles</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Cualquier otro generador no domiciliario debe incluirse dentro de alguna de las clases definidas en la Tabla 10.

A continuación se brinda un ejemplo de la clasificación de generadores no domiciliarios:

Tabla 11: Ejemplo de clasificación de generadores no domiciliarios

Tipo de generador	Fuentes de generación de residuos sólidos	Cantidad de Fuentes de Generación
No Domiciliario	Establecimientos comerciales	40
	Restaurantes	20
	Hoteles	10





Tipo de generador	Fuentes de generación de residuos sólidos	Cantidad de Fuentes de Generación
	Instituciones Públicas y Privadas	20
	Instituciones Educativas	40
	Barrido y limpieza de espacios públicos.	20
	Mercado	5
<b>TOTAL</b>		<b>155</b>

Fuente: Elaboración propia

b.1) Tamaño de muestra de establecimientos comerciales e instituciones

Existen diversos métodos estadísticos para determinar un número mínimo de muestras para este tipo de estudios, los mismos se basan principalmente en el tamaño de la población, la variabilidad que presenta y las distorsiones que se pueden dar en el muestreo.

A diferencia del estudio de generadores domiciliarios, estos generadores presentan niveles mucho mayores de variabilidad, los cuales son particulares a cada localidad; si el responsable del equipo de campo cuenta con valores estudiados de desviación y generación promedio anteriores al estudio puede optar por aplicar las fórmulas desarrolladas en el Anexo 5 de la presente guía a cada fuente de generación no domiciliario, esta consideración es útil solo en ámbitos donde se cuenta con un número muy elevado de comercios, asimismo el anexo propone algunos valores obtenidos de estudios anteriores.

Es recomendable que en ámbitos donde la cantidad total de generadores no domiciliarios no sea mayor a 50, se desarrolle un censo (total de generadores no domiciliarios) que asegure contar con toda la información disponible y elimine las distorsiones generadas por el criterio del responsable del equipo de campo.

Por ejemplo: Si como resultado del censo, se obtuvo un total de 30 generadores no domiciliarios, los datos a considerar conforme a lo señalado en la Tabla 12, serán los siguientes:

- ✓ La muestra de contingencia será "0", y,
- ✓ El número total de muestras no domiciliarias será "30", que corresponde al número total de generadores.

En la presente guía y con fines prácticos se presentan los rangos de tamaño de muestras, conforme a la tabla 12, que las municipalidades deben considerar de acuerdo a la cantidad de generadores no domiciliarios en cada ámbito, de modo que no se generen controversias. Cabe señalar que en el Anexo 5 se presenta la metodología realizada para determinar las mismas y que las muestras solo consideran a las fuentes de generación: "Establecimientos comerciales", "Restaurantes", "Hoteles" e "Instituciones Públicas y Privadas"; ya que los mercados, las instituciones educativas y el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos tienen dinámicas particulares que deben ser tratadas de forma diferenciada.



Tabla 12: Tamaños de muestra para diversas cantidades de generadores no domiciliarios en las ciudades o localidades

Rango de total de fuentes de generación no domiciliarios en el distrito(N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestras de contingencia	Total de muestras no domiciliarias
Menor a 50 generadores	n<50	0	Es igual a n
Más de 50 y hasta 100	50	10	60
Más de 100 y hasta 250	70	14	84
Más de 250 y hasta 500	81	16	97
Más de 500 y hasta 1000	88	18	106
Más de 1000	88	22	110

Fuente: Elaboración propia

Para poder ubicarse dentro de alguno de estos rangos, el/la responsable del equipo de campo deberá considerar la información proporcionada por la Oficina de Comercialización y/o Catastro y/o Desarrollo Urbano o quien haga sus veces.

b.2) Distribución de la muestra de establecimientos comerciales e instituciones

Luego de determinar el tamaño de la muestra de establecimientos comerciales e instituciones, la misma debe distribuirse de acuerdo a fuente de generación, que deben disgregarse en clases de modo que se pueda cubrir la mayor parte posible de la variabilidad existente en cada una de ellas.

En este punto las condiciones específicas de cada ámbito, la información disponible, la experiencia y criterio del responsable del equipo de campo son determinantes.

Como se comentó anteriormente, la presente guía no busca mostrar las diversas situaciones que pueden presentarse para este tipo de generador no domiciliario; sin embargo, ofrece lineamientos generales que orientan al responsable del equipo de campo a tomar la decisión correcta o la más apropiada .

A continuación, utilizaremos el ejemplo identificado en el acápite anterior:

Tabla 13: Representatividad por fuentes de generación de residuos sólidos no domiciliarios

Fuentes de generación de residuos sólidos no domiciliario	Cantidad total de fuentes de generación no domiciliario en el distrito	Representatividad
Establecimientos comerciales	40	$(\frac{40}{90}) * 100 = 45\%$
Restaurantes	20	$(\frac{20}{90}) * 100 = 22\%$
Hoteles	10	$(\frac{10}{90}) * 100 = 11\%$
Instituciones Públicas y Privadas	20	$(\frac{20}{90}) * 100 = 22\%$
TOTAL	90	100%

Fuente: Elaboración propia



De acuerdo con el total de muestras propuestas en la tabla 8, en este caso corresponderían un total de 60 muestras, las mismas que se deben tomar de la siguiente manera:

Tabla 14: Total de muestras por fuente de generación de residuos sólidos no domiciliarios

Fuentes de generación de residuos sólidos	Representatividad	Cálculo	Total de muestras por fuente de generación
Establecimientos comerciales	45%	$45\% * 60 = 27$	27
Restaurantes	22%	$22\% * 60 = 13$	13
Hoteles	11%	$11\% * 60 = 7$	7
Instituciones Públicas y Privadas	22%	$22\% * 60 = 13$	13
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>60</b>

Fuente: Elaboración propia

En el caso de establecimientos comerciales la subdivisión de muestras debe desarrollarse en función a las clases presentes, **agrupando en clases homogéneas** los negocios existentes, de acuerdo con el ejemplo existen 40 establecimientos comerciales en el distrito:

Tabla 15: Subdivisión de muestras en clases de generación de residuos sólidos en establecimientos comerciales

Clases de fuentes de generación de residuos sólidos "Establecimiento comercial"	N° de comercios	Clase <sup>10</sup>
Bodegas	15	1
Librerías	2	2
Bazares	3	2
Cabinas de internet	2	2
Locutorios	3	2
Panaderías	3	1
Ferreterías	2	3
Farmacias y boticas	2	4
Salones de belleza	1	4
Peluquerías	2	4
Centros de entretenimiento	5	5
<b>Total</b>	<b>40</b>	

Fuente: Elaboración propia

Las 27 unidades muestrales deben ser distribuidas de acuerdo a la representatividad de cada clase de la siguiente manera:

Se entiende como clase a la agrupación de giros comerciales que producen una cantidad y tipo de residuos similar.



Tabla 16: Total de muestras por clases de establecimientos comerciales

Clases	N° de comercios	Representatividad	Total de muestras por clase
1	18	$(18/40)*100 = 45\%$	$27 \times 45\% = 12$
2	10	$(10/40)*100 = 25\%$	$27 \times 25\% = 7$
3	2	$(2/40)*100 = 5\%$	$27 \times 5\% = 2$
4	5	$(5/40)*100 = 12.5\%$	$27 \times 12.5\% = 3$
5	5	$(5/40)*100 = 12.5\%$	$27 \times 12.5\% = 3$
Total	40	100%	27

Fuente: Elaboración propia

Dentro de cada clase definida se podrá hacer una nueva subdivisión si el número de muestras y la variabilidad en las mismas sigue siendo relevante.

Luego de obtener las muestras, se debe realizar el procedimiento descrito en el caso de estudios domiciliarios a partir de un mapa catastral, identificando los establecimientos que participan del estudio.

En el caso de hoteles, se puede definir clases de segregación de fuente de residuos sólidos (hoteles, hostales, hospedajes), el tamaño (metraje y número de pisos), la cantidad de habitaciones o la ubicación; debiendo proceder la distribución de la misma forma que en el caso de establecimientos comerciales.

En el caso de restaurantes, se puede definir clases de segregación de fuente de residuos sólidos (cebicherías, pollerías, picanterías y similares), el tamaño (metraje construido), la cantidad de mesas y sillas o la ubicación; debiendo proceder la distribución de la misma forma que en el caso de establecimientos comerciales.

Las grandes unidades (hoteles, restaurantes, tiendas, entre otros) que se pueden presentar en un ámbito determinado, deben ser analizadas de forma independiente y no formar parte de ninguna proyección ya que elevarían erróneamente la cantidad de residuos generados. Un ejemplo recurrente es la presencia de una bodega o minimarket relativamente grande en algunos distritos pequeños.

#### b.3) Tamaño y distribución de muestra de mercados

Los grandes mercados que se puedan presentar en un ámbito determinado deben ser analizados de forma independiente y no formar parte de ninguna proyección ya que elevarían erróneamente la cantidad de residuos generados. Se puede reconocer estos grandes mercados, por ejemplo:



- ✓ Cuando la recolección de los residuos que generan se realiza de manera exclusiva con uno o más vehículos .
- ✓ Cuando no es posible realizar el pesaje de la totalidad de residuos por medios convencionales.

En la etapa de trabajo de campo y operaciones se explicará la metodología necesaria para la caracterización de los mismos.

En caso la cantidad de mercados restantes sea menor o igual a cinco (5), se deberá analizar el total de mercados existentes en el distrito.

Por otro lado, si la cantidad de mercados restantes fuera mayor a cinco (5), el responsable del equipo de campo puede optar por clasificar los mismos de acuerdo al tamaño (área del mercado) o el número de puestos con el que cuentan.

La cantidad de categorías de mercados dependerá de cuantos existan y que variabilidad presenten entre ellos en el ámbito de estudio. De cada categoría determinada es recomendable muestrear como mínimo el 20%<sup>11</sup> del total (como mínimo 5). En caso el resultado del 20% sea mayor a diez (10) mercados, se debe de considerar solo diez (10) mercados.

A continuación se presenta un caso a manera de ejemplo para un ámbito considerablemente grande:

1. Supongamos que un determinado distrito se cuenta con un total de 20 mercados, del análisis previo se han identificado dos (2) grandes unidades de considerable tamaño que no pueden ser muestreadas por métodos convencionales, las cuales deben ser analizadas independientemente.
2. De acuerdo al criterio del responsable del equipo de campo se definen 03 categorías para agrupar a los mercados restantes de la siguiente forma:

*Tabla 17: Ejemplo de categorización de mercados*

Categorías de mercado	Cantidad
Gran unidad 1	1
Gran unidad 2	1
Categoría 1	2
Categoría 2	6
Categoría 3	10
Total	20

Fuente: Elaboración propia

3. Luego, se determina el número de muestra por categoría, tal como se señala a continuación:

<sup>11</sup> De acuerdo a la técnica de muestreo no probabilístico, que consiste en seleccionar una muestra por su accesibilidad y bajo costo.



Tabla 18: Ejemplo de determinación del número de muestras por categoría de mercado

Categoría de mercado	Cantidad	Determinación del número de muestra	Total a muestrear (n)
Gran unidad 1	1	No corresponde	1
Gran unidad 2	1	No corresponde	1
Categoría 1	2	$n = 2 * 20\% = 0.5 \cong 1$	1
Categoría 2	6	$n = 6 * 20\% = 1.2 \cong 2$	2
Categoría 3	10	$n = 10 * 20\% = 2$	2
Total	20		7

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Cabe precisar que esta condición solo se presenta en distritos con gran número de mercados y que en la mayoría de los distritos a nivel nacional solo se cuenta con uno o dos mercados que se debe incluir en el estudio.

b.4) Tamaño y distribución de muestra de instituciones educativas

A diferencia del dinamismo que presentan los mercados, las instituciones educativas no son, en la gran mayoría de los casos, grandes unidades que no puedan ser muestreadas por métodos convencionales, por lo que se recomienda que el responsable del equipo de campo pueda optar por clasificar los mismos de acuerdo al número de alumnos y al tipo de institución educativa que se presentan.

De cada subclase (o clase si es que no se ha determinado esta división) determinada es recomendable muestrear como mínimo el 20% del total sin exceder un máximo de diez (10) instituciones educativas.

A continuación se presenta un caso a manera de ejemplo para un distrito con un número elevado de instituciones educativas:

- Supongamos que un determinado distrito cuenta con un total de 40 instituciones educativas, las instituciones pueden clasificarse en 2 grandes clases como colegios e instituciones educativas superiores (institutos o universidades), asimismo cada una de estas clases puede dividirse por la cantidad de alumnos en más de 200 alumnos y menos de 200 alumnos de acuerdo a las condiciones que se presenten en el ámbito de estudio, de acuerdo al número de subclases el ejemplo podría definirse de la siguiente manera:

Tabla 19: Ejemplo de determinación de número de muestras por subclases de Instituciones Educativas

Subclases de instituciones educativas	Cantidad	Determinación del número de muestra	Total a muestrear (n)
Instituciones educativas superiores con más de 200 alumnos	4	$n = 4 * 20\% = 0.8 \cong 1$	1



Subclases de instituciones educativas	Cantidad	Determinación del número de muestra	Total a muestrear (n)
Instituciones educativas superiores con menos de 200 alumnos	6	$n = 6 * 20\% = 1.2 \cong 2$	2
Colegios con más de 200 alumnos	5	$n = 5 * 20\% = 1$	1
Colegios con menos de 200 alumnos	25	$n = 25 * 20\% = 5$	5
<b>Total</b>	<b>40</b>		<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia

- Es de precisar que esta condición solo se presenta en distritos con un número elevado de instituciones educativas y que en la mayoría de los distritos a nivel nacional solo se cuenta con colegios y no con instituciones educativas superiores.

La información de los colegios puede encontrarse en el portal ESCALE del Ministerio de Educación (<http://escale.minedu.gob.pe/>).

b.5) Tamaño y distribución de muestra de barrido y limpieza de espacios públicos y almacenamiento

La operación de barrido y limpieza de espacios públicos debe realizarse en el total de vías existentes en un determinado distrito. Sin embargo es común que este servicio se brinde de manera parcial, para poder determinar un tamaño de muestra correcto se debe caracterizar previamente esta operación.

En primer lugar el desarrollador del estudio deberá identificar las vías existentes en un mapa del distrito, luego sobre estas vías se deberá identificar las rutas en las que se brinda este servicio actualmente, colocando en una hoja de Excel la siguiente información:

Tabla 20: Identificación de rutas de barrido y limpieza de espacios públicos

Identificación de rutas de barrido y limpieza de espacios públicos		
Nombre de la ruta	Distancia barrida	Tipo de ruta
Puede usarse una codificación de acuerdo al nombre de la vía y el número de ruta existente o alguna que maneje la municipalidad evaluada.	Se contabilizarán los kilómetros lineales sin duplicar los valores de ida y vuelta en una vía. Es preciso indicar que el kilómetro lineal, considera al barrido de la acera, la cuneta y el recojo de papeleras existentes.	Se pueden caracterizar las rutas de barrido de acuerdo a las características del lugar donde se desarrollan, separando comerciales de residenciales, en caso se puedan identificar otras zonas con características similares se pueden incluir en este punto.

Fuente: Elaboración propia



En aquellas ciudades donde la distancia total barrida es menor o igual a 05 km se realizara el estudio sobre la totalidad de rutas existentes.

En aquellas ciudades donde la distancia total barrida es mayor a 05 km deberá seleccionar de 3 a 5 rutas como mínimo por tipo de vías (comercial, residencial, entre otros) estas rutas deberán contener, como mínimo, 05 Km de recorrido total.

Existen dos componentes a tener en cuenta en esta operación, el barrido de calles propiamente dicho y la recolección de unidades de almacenamiento como las papeleras; ambos componentes, independientemente que se den en una misma ruta, deben analizarse de manera separada.

**CONSIDERACIÓN:**

*En caso no se preste el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos, se podrá hacer un muestreo sobre vías y espacios públicos principales, implementándose la misma metodología señalada.*

b.6) Identificación de generadores de residuos sólidos municipales especiales

Estos generadores producen residuos sólidos en áreas urbanas que por su volumen o características requieren de un manejo particular, tales como residuos de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, centros comerciales, eventos masivos como conciertos, concentraciones y movilización temporal humana, ferias, residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales.

La presente guía solo se centrará en cuantificar los residuos producidos de manera constante (laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, centros comerciales y ferias); los eventos masivos y los residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales, no forman parte de esta guía, ya que cuentan con dinámicas particulares.

En el caso de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, se deben identificar la cantidad de generadores y tomar, como mínimo, un 20% de los generadores existentes en cada fuente de generación, en caso existan diferencias significativas entre las fuentes de generación, se podrán definir subclases de acuerdo al tamaño de las clases, de manera similar al caso de comercios.

Los centros comerciales y las ferias poseen un comportamiento similar al de los mercados, por lo que se propone que sean caracterizados de la misma forma.

8.2 ETAPA DE TRABAJO DE CAMPO Y OPERACIONES

En la etapa de trabajo de campo se debe llevar a cabo el registro de los participantes del estudio, la distribución de materiales, la recolección de muestras, el traslado de los residuos





sólidos hacia el lugar en el que se hará la clasificación, así como la toma de muestras para el análisis de humedad. Estas operaciones se llevarán a cabo en función a la distribución de muestra desarrollada en la etapa de planificación.

Dado que la selección de las zonas que se van a muestrear se realizan en gabinete, es posible que la vivienda seleccionada no cumpla con las características del tipo de muestra que se necesita, ya sea que no exista, haya cambiado su condición física o haya cambiado el uso. Por ello, se debe instruir al personal de campo para que en estos casos se deba seleccionar a la vivienda contigua o el negocio más relacionado, de modo que se mantenga la elección al azar lo más posible.

### 8.2.1 Procedimiento para la participación de los predios en el estudio

*Ilustración 7: Procedimiento para la participación de los predios en el estudio*



- a) Invitación para la participación en el estudio:  
La invitación consiste en informar al futuro participante sobre la realización del estudio, para lo cual es beneficioso contratar personal que cumpla la función de promotor ambiental y que se valga de materiales didácticos y comunicaciones formales (carta u oficio). Los cargos de las comunicaciones formales deberán ser firmados por el participante y archivados por el/la promotor (a) junto con el padrón de registro.
- b) Asignación de muestras:  
Se asignará a cada promotor un número de muestras determinadas, en función al total de muestras a realizar por cada tipo de generador.  
A efectos de un orden y mayor control, se recomienda que las muestras sean identificadas con número ordinales y de manera correlativa. Ejemplo: 01, 02, 03, etc.
- c) Registro de los participantes del estudio:  
El registro de los participantes consiste en llenar un padrón con los datos de los generadores domiciliarios, no domiciliarios y especiales que participarán en el estudio, este padrón deberá contener como mínimo la siguiente información:
  - Para generadores domiciliarios se deberá contar con el nombre de la persona que participará activamente del estudio, su número de DNI, la dirección, el número de habitantes de la vivienda, y su firma.
  - Para generadores no domiciliarios y especiales se debe contar con el nombre de la persona responsable del local, su número de DNI, la dirección, el tipo de comercio o institución, el metraje aproximado del local, y su firma.

Se adjuntan en el Anexo 6 modelo de registro que se pueden aplicar a estudios locales.

- c) Codificación de los predios participantes del estudio:  
Luego de consignar la información en el padrón correspondiente, el generador recibirá un código único que se colocará por medio de un sticker en un lugar visible del domicilio o local para poder identificarlo.

Ilustración 8: Modelo de sticker para identificación de predios

<b>ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES</b>	
<b>ESTABLECIMIENTO PARTICIPANTE</b>	
<b>CÓDIGO:</b>	<b>LOGO DE LA MUNICIPALIDAD</b>
<input style="width: 150px; height: 20px;" type="text"/>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 80px; margin: 0 auto;"></div>

La codificación se realiza por tipo de generador domiciliario, generador no domiciliario y los generadores de residuos especiales municipales.

**1. Generador domiciliario:**

El código se coloca concatenando el tipo de generador domiciliario (I) , la zona al que corresponde y el número de vivienda muestreada; de la siguiente forma:



Siendo:

- I : generador domiciliario.
- A: zona a la que corresponde.
- 05: número de vivienda muestreada.

**2. Generador no domiciliario y los generadores de residuos municipales especiales:**

El código se coloca concatenando el tipo de generador (no domiciliario (II) y especiales (III)), clase a la que corresponde y número de subclase y el número de muestra correlativa dentro de la clase a la que corresponde; de la siguiente forma:

Tabla 21: Codificación sugerida por fuentes de generación de residuos sólidos

Tipo de generador	Fuentes de generación de residuos sólidos	Código
No Domiciliario	Establecimientos comerciales	EC
	Restaurantes	R
	Hoteles	H
	Instituciones Públicas y Privadas	IPP
	Instituciones Educativas	IE
	Barrido y limpieza de espacios públicos.	B
	Mercado	M

Fuente: Elaboración propia



Tabla 22: Codificación sugerida por clases

Fuentes de generación de residuos sólidos	Clase
Bodegas y Panaderías	1
Librerías, Bazares, Cabinas de Internet, Locutorios	2
Ferreterías	3
Farmacias y boticas, Salones de Belleza, Peluquerías	4
Centros de entretenimiento	5

Fuente: Elaboración propia

El código será de la siguiente manera:

II-EC4-05

Siendo:

- II : generador no domiciliario.
- EC4: establecimiento comercial que corresponde a la categoría 4 (Farmacias y boticas, Salones de Belleza, Peluquerías).
- 05: número de generador no domiciliario o especial muestreado.

La codificación debe incluirse en el padrón y en las bolsas que se entrega al participante, la misma que debe ser llamativa, puesto que constituye una herramienta para identificar y resaltar la participación del generador.

### 8.2.2 Procedimiento para el manejo de las muestras

Ilustración 9: Procedimiento para el manejo de muestras



a) Recolección:

El operario debidamente identificado recolecta las muestras de los generadores y entregará una nueva bolsa codificada. Cabe señalar que es importante que el operario respete los horarios establecidos con los generadores domiciliarios, no domiciliarios y especiales. Asimismo, el último día de recolección deben indicar a los participantes que la fase de campo se ha concluido.

**CONSIDERACIONES:**

- El responsable del estudio debe asegurar que la recolección de las muestras se realice los ochos días, que incluya los días sábado y domingo, a fin de garantizar la representatividad del estudio.
- El responsable del estudio debe comunicar a los generadores que la entrega de las bolsas de las muestras se realizará en el día y hora indicada e informada.
- El responsable del estudio debe comunicar a los generadores, que participan del estudio, que no se permite la entrega de las bolsas correspondientes a muestras acumuladas de más de dos días. En caso, de bolsas acumuladas hasta dos días, el generador previamente informa e identifica adecuadamente las bolsas correspondientes de las muestras de cada día acumulado.
- Todo ello es importante ya que la metodología para la determinación de la generación per cápita considera el promedio del peso de las muestras de residuos sólidos en base a los días de generación.
- El equipo de campo que recolecte las muestras, debe tener un mapa de ubicación de los predios participantes, en caso el stiker correspondiente se desprege, deberá reempadronar al predio con uno nuevo.

b) Traslado

Las muestras recolectadas serán colocadas inmediatamente en la unidad vehicular encargada de realizar el traslado. Este vehículo debe estar detenido por seguridad.

Este procedimiento se realizará en cada punto de recolección hasta completar la capacidad de la unidad vehicular, evitando tirar las bolsas y acomodándolas para que no se caigan en el trayecto. Se sugiere asegurar la carga con una malla o amarrar las bolsas entre ellas para evitar que se caigan.

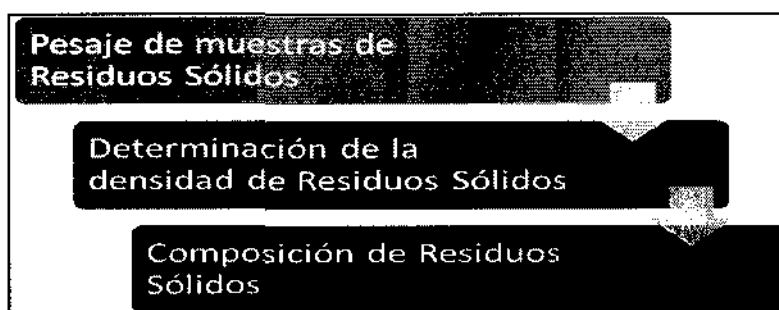
En caso no se disponga de una unidad vehicular que pueda realizar el traslado del total de muestras, se debe identificar puntos de acopio para agrupar las muestras de una determinada zona, las cuales estarán al cuidado del operario hasta la llegada de la unidad vehicular.

c) Descarga

Las muestras deben ser descargadas (sin tirar las bolsas) en el lugar que indique el responsable del estudio asegurando que no queden residuos en la unidad vehicular.

8.2.3 Procedimiento para el análisis de las muestras

Ilustración 10: Procedimiento para el análisis de las muestras



La toma de datos de las muestras; como peso, densidad, composición, entre otros, debe realizarse de forma ordenada y bajo un sistema que se asegure su confiabilidad.

Los formatos para la toma de datos propuestos en esta guía deberán adaptarse a las condiciones particulares que se presenten en cada caracterización.

a) Pesaje:

El pesaje debe realizarse por tipos de generadores y fuentes de generación, teniendo en cuenta los códigos de las bolsas. Se recomienda que para registrar los valores obtenidos del pesaje de las bolsas, en el formato previamente definido, los operarios mencionen en voz alta los códigos de las bolsas antes de colocarlos en la balanza.

Al concluir esta actividad se debe corroborar el número total de bolsas y registros obtenidos.

a.1) Pesaje de residuos sólidos provenientes de grandes mercados

Los grandes mercados que se puedan presentar en un ámbito determinado deben ser analizados de forma independiente y no formar parte de ninguna proyección ya que elevan erróneamente la cantidad de residuos generados.

Para poder establecer un valor en estos mercados, hay que identificar si cuentan con un estudio independiente que pueda servir de referencia, asimismo puede ayudar el tipo de administración ya que si ésta es tercerizada se puede solicitar cifras a la empresa operadora a cargo de la administración de sus residuos.

En algunos casos, la administración municipal directa cuenta con unidades específicas para este tipo de generadores, en esta situación se podrán usar los datos históricos de ésta actividad, si no se contará con estos datos o no se pudiera separar efectivamente al generador, es conveniente coordinar con el servicio de recolección de residuos sólidos para llevar a cabo el pesaje de estos en una balanza industrial, y si es posible en el mismo sitio de disposición final.

Finalmente, si no se tuviera acceso a este tipo de balanza, se puede optar por determinar la capacidad volumétrica utilizada por los camiones que realizan el servicio de manera específica a estos generadores y un análisis muestral para determinar la densidad de residuos que recogen y poder extrapolar los datos al total de residuos.

En este caso se propone el siguiente ejemplo: Supongamos que en un mercado se utilizan 2 camiones de 15 m<sup>3</sup> que recogen los residuos en dos turnos:

- El total de residuos generados en un día 2 turnos X 2 camiones X 15 m<sup>3</sup> = 60m<sup>3</sup>, de acuerdo al análisis de densidad se calculó un valor de 250 Kg/m<sup>3</sup> con lo que se tendría 250 Kg/m<sup>3</sup> X 60 m<sup>3</sup> = 15 ton.

Cabe mencionar que para este tipo de generadores se puede realizar estudios específicos aplicando la fórmula del Anexo 05 y distribuyendo las muestras de acuerdo a cada tipo de puesto (por ejemplo carnicerías, comedores, bazares, entre otros).



En caso los residuos sólidos de otro generador diferente a los mercados no puedan ser pesados por medios convencionales, se debe aplicar esta metodología de manera análoga.

a.2) Pesaje en el lugar de generación

Existen algunos generadores que si bien no son tan representativos como los descritos en el ítem anterior tienen una generación importante de residuos que resulta difícil de transportar hacia el espacio físico determinado para el manejo de las muestras.

En estos casos se podrá hacer uso de una balanza de plataforma que se traslade hasta el lugar de generación para que los datos puedan ser tomados en el mismo punto. Los cálculos de densidad y composición deberán realizarse también en el lugar de generación.

Para cumplir con este fin se debe coordinar la disponibilidad de movilidad y el acceso al área de almacenamiento de los residuos sólidos en horarios específicos, de modo que no se generen dificultades en el desarrollo del trabajo, asimismo, es importante preguntar a los encargados, los horarios y días de recolección de residuos sólidos por parte de la municipalidad, de modo que no se pierdan muestras debido a que el servicio de recolección ya las haya recogido.

b) Densidad de residuos sólidos

La medición de la densidad<sup>12</sup> debe realizarse por tipo de generadores y fuentes de generación, para lo cual se recomienda el siguiente procedimiento:

- ✓ Paso 1: Verificar la cantidad de bolsas y los pesos anotados.
- ✓ Paso 2: Contar con un cilindro de aproximadamente 200 l con lados homogéneos, tomar las medidas de diámetro y altura.
- ✓ Paso 3: Colocar el contenido de las bolsas en un cilindro, dejando libre aproximadamente 10 cm de altura, de tal forma que facilite la manipulación del cilindro.
- ✓ Paso 4: Levantar el cilindro hasta aproximadamente 10 cm a 15 cm de altura y dejar caer, repetir esta acción tres veces.
- ✓ Paso 5: Medir la altura libre del cilindro.
- ✓ Paso 6: Tomar nota de los datos de altura y los pesos de las bolsas en la hoja de registro.
- ✓ Paso 7: Repetir el procedimiento con las bolsas seleccionadas restantes.

c) Composición de residuos sólidos

El muestreo de residuos sólidos para la composición física se debe llevar a cabo en el lugar en el que se realiza el pesaje de los residuos sólidos, para esto es importante seguir el siguiente procedimiento:

- ✓ Paso 1: Asegurar la disponibilidad y uso de equipos de protección personal.
- ✓ Paso 2: Verificar que las bolsas o residuos provenientes del análisis de densidad, se encuentren codificadas y separadas de acuerdo al tipo de generador y fuentes de generación de donde provienen.

<sup>12</sup> Se refiere a densidad sin compactar.



- ✓ Paso 3: 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.
- ✓ Paso 4: Si se tiene un volumen de residuos muy grande, se divide en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogen las dos partes opuestas 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 de no menos de 50 kg
- ✓ Paso 5: Segregar cada tipo de residuos sólidos de acuerdo a lo señalado en la matriz de la tabla 23 (ficha de registros de pesos), distribuyéndolos en las bolsas usadas para la recolección de los residuos sólidos.
- ✓ Paso 6: Pesar cada una de las bolsas que contienen los residuos segregados y registrar los datos en la ficha de registros de pesos (tabla 23).



Tabla 23: Ficha de registro de pesos de muestras para el análisis de composición de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios

NOMBRE COMPLETO DEL RESPONSABLE	
ZONA	

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	DIA 0	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
<b>1. Residuos aprovechables</b>								
<b>1.1. Residuos Orgánicos</b>								
Residuos de alimentos (restos de comida, cascara, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)								
Residuos de Maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares)								
Otros orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)								
<b>1.2. Residuos Inorgánicos</b>								
<b>1.2.1. Papel</b>								
Blanco								
Periódico								
Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares)								
<b>1.2.2. Cartón</b>								
Blanco (liso y cartulina)								
Marrón (Corrugado)								
Mixto (tapas de cuaderno, revistas, otros similares)								
<b>1.2.3. Vidrio</b>								
Transparente								
Otros colores (marrón – ámbar, verde, azul, entre otros)								
Otros (vidrio de ventana)								





TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	DIA 0	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
<b>1.2.4. Plástico</b>								
PE[-Tereftalato de polietileno (1) (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)								
PEAD-Polietileno de alta densidad (2) (botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante)								
PEBD-Polietileno de baja densidad (4) (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)								
PP-polipropileno (5) (Baños, tinas, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers, bolsas de cereales)								
PS-Poliestireno (6) (Tapas cristalinias de Cds, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla)								
PVC-Policloruro de vinilo (3) (Tuberías de agua, desagüe y eléctricas)								
<b>1.2.5. Tetra brik (envases multicapa)</b>								
<b>1.2.6. Metales</b>								
Latas-nojalata (latas de leche, atún, entre otros)								
Acero								
Fierro								
Aluminio								
Otros Metales								
<b>1.2.7. Textiles (telas)</b>								
<b>1.2.8. Caucho, cuero, jebe</b>								
<b>2. Residuos no aprovechables</b>								
Bolsas plásticas de un solo uso								
Residuos sanitarios (Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias, excretas de mascotas.)								



TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	DIA 0	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
Pilas								
Tecnopor (poliestireno expandido)								
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)								
Restos de medicamentos								
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros								
Otros residuos no categorizados								

Fuente: Elaboración propia



d) Humedad de residuos sólidos

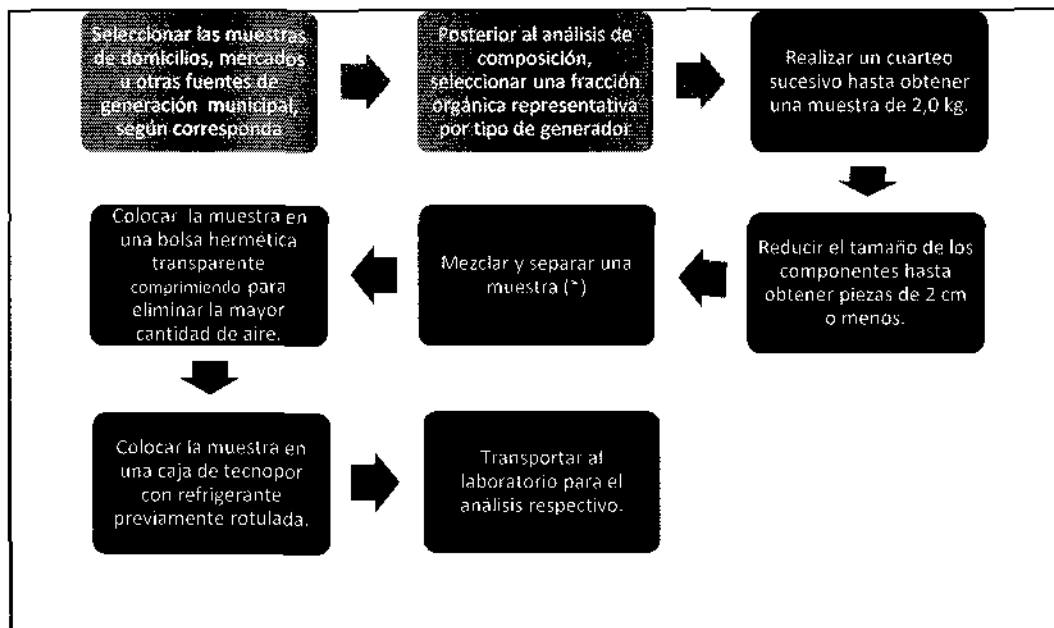
La humedad de los residuos sólidos está referida a la cantidad total de agua que estos contienen. El cálculo de este parámetro es importante para estimar la potencialidad de los residuos sólidos para la generación de lixiviados, y la consecuente facilitación de la degradación de los mismos (digestión aerobia y anaerobia).

El análisis de dicho parámetro deberá de ser realizado por un laboratorio referencial<sup>13</sup>, teniendo en cuenta una serie de consideraciones previas al ingreso de la muestra, para lo cual, se debe seguir un protocolo para el manejo de las muestras en mención tal como se señala en la ilustración 11, asimismo, en el Anexo 8, se presenta un modelo de cadena de custodia para el traslado de la muestra hasta el laboratorio.

Para el cálculo de este parámetro, se recomienda tomar una (01) muestra como mínimo, durante el cuarto día del estudio, para los tipos de generador domiciliario y no domiciliario. En caso del generador domiciliario se considerará a las viviendas y en caso del generador no domiciliario se considerará a la fuente de generación: mercados.

Es preciso señalar, que de acuerdo a la disponibilidad de recursos económicos de cada gobierno local, se podrán considerar mas de dos (02) muestras por tipo de generador u otras fuentes de generación, conforme a lo señalado en la tabla 5.

Ilustración 11: Procedimiento de muestreo para análisis de humedad de residuos sólidos



(\*)El peso mínimo requerido, dependerá de la metodología establecida por el laboratorio donde se realice el análisis de humedad de los residuos sólidos.

<sup>13</sup> La municipalidad podrá efectuar el análisis del parámetro de humedad en laboratorios privados, de centros de investigación o universidades.

e) Limpieza del área y disposición final de residuos sólidos caracterizados

Finalizada la toma de datos y análisis físico de los residuos sólidos caracterizados, acto seguido se debe realizar diariamente la limpieza del área utilizada, la recolección y disposición de los residuos caracterizados en la infraestructura de disposición final, esto es importante ya que una mala gestión de los residuos en el lugar de operación puede generar la aparición de vectores, descontento del personal operario, los responsables de dicho espacio, la población y las autoridades, lo cual devendrá en una mala percepción de la entidad edil por la realización del estudio de caracterización.

### 8.3 ETAPA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En esta etapa corresponde analizar los datos que se hayan obtenido en campo, esta es una fase de gabinete en la que se debe determinar y estimar cada uno de los parámetros que se han tomado; respetando los formatos utilizados en la etapa de campo, los cuales deben ser legibles, trazables y ordenados.

#### 8.3.1 Estimación de generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios

Con los datos obtenidos en el pesaje de residuos sólidos, se debe realizar los cálculos correspondientes para obtener la generación per cápita y total de residuos sólidos domiciliarios por cada zona de manera independiente, en caso corresponda. En la presente guía se incluyen una serie de formatos que pueden ser utilizados por el responsable del equipo de campo, en la construcción de estos formatos se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Paso 1: Colocar en una hoja de cálculo de Excel, una matriz similar a la tabla 24, los datos de N° de vivienda, código, N° de habitantes, generación de cada día en Kg y dejar una fila para el cálculo de la GPC.
- ✓ Paso 2: Verificar que en la matriz de datos no se encuentren ceros como dato, esto hará que baje el promedio injustificadamente, si no se recogieron muestras, simplemente se debe dejar en blanco la celda correspondiente a ese día.
- ✓ Paso 3: La columna del "Día 0" no debe ser considerada en el ejercicio de cálculo de obtención del GPC. Por ello, todos los cálculos del GPC deberán realizarse desde el DIA 1.
- ✓ Paso 4: Promediar los valores en la hoja de cálculo usando la fórmula "=PROMEDIO" dividiéndolo por el número de habitantes.
- ✓ Paso 5: No utilizar la fórmula "=SUMA (...)/7", ya que es posible que hayan celdas que no tengan datos y en este caso, se seguirá dividiendo por 7, generando un error en el cálculo.
- ✓ Paso 6: El promedio final o GPC domiciliaria, se obtendrá de promediar todas las GPC de cada vivienda.

**CONSIDERACIÓN:**

*Es importante precisar que para determinar la GPC, sólo se debe promediar la cantidad de pesos de residuos generados en los 07 días y dividirlo por la cantidad de habitantes que se encuentran en cada muestra.*



Tabla 24: Matriz de cálculo de la generación per cápita domiciliaria para cada zona de la muestra

N° DE VIVIENDA	CODIGO DE VIVIENDA	N° DE HABITANTES	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS (Kg.)					GPC (kg/hab/día)
			DOMINGO DÍA 0	LUNES DÍA 1	... ...	SÁBADO DÍA 6	DOMINGO DÍA 7	
1	I-A-M-01	4	2.55	2.35	...	2.18	2.34	=(PROMEDIO(DIA1:DIA7))/N° de Habitantes
2	I-A-M-02	2	1.48	1.45	...	1.4	1.38	0.714
3	I-A-M-03	3	2.11	2.08	...	2.03	2.2	0.702
4	I-A-M-04	5	3.18	3.22	...	3.14	3.08	0.631
5	I-A-M-05	4	2.65	2.76	...	2.55	2.82	0.674
...	I-A-M-...	3	2.18	2.11	...	2.04	2.22	0.713
n	I-A-M-n	5	3.24	3.29	...	3.38	3.22	0.657
Promedio			=PROMEDIO(GPCD1-GPCn)					0.668

Fuente: Elaboración propia

### 8.3.2 Validación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios

Este tipo de caracterización busca representar las condiciones normales de generación de residuos sólidos con base en que la población estudiada muestra, en la gran mayoría de los casos, un comportamiento similar. Sin embargo, existen algunos generadores que pueden estar muy por encima o muy por debajo de estas situaciones normales ("valores atípicos") y deben ser separados del estudio ya que elevarían o disminuirían erróneamente el promedio alcanzado, generando una información inconsistente.

Para identificar a estos "valores atípicos" existen diferentes arreglos estadísticos que pueden ser utilizados. La presente guía propone una metodología basada en la variabilidad entre las diferentes ocurrencias de GPC en las viviendas estudiadas, para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

- ✓ Paso 1: El día 0 no se debe considerar en el análisis de la validación de los datos ni en la obtención de la GPC.
- ✓ Paso 2: Las viviendas que hayan entregado las bolsas codificadas en un número menor a 04 días (sin contar el día 0) deben ser descartadas ya que no son representativas para el estudio.
- ✓ Paso 3: En el caso que la vivienda haya dejado de entregar muestras por dos días consecutivos, se deberá preguntar al participante si los residuos corresponden solo a ese día en específico, de no ser así o no contarse con la información se debe optar por descartar esa vivienda del estudio.
- ✓ Paso 4: Para identificar a estos "valores atípicos" en cada zona o zona única, se puede utilizar la siguiente relación:

$$Z_c = \left| \frac{X - x}{s} \right|$$

Dónde:

X: GPC promedio

x: GPC de cada vivienda

s: Desviación estándar



Esta fórmula toma valores absolutos por lo que se recomienda utilizar la fórmula  $=ABS((\$X-x)/\$s)$ , es importante respetar la posición de los paréntesis y "fijar las celdas de GPC promedio "X" y desviación estándar "s", esto se consigue presionando la tecla F4 al momento de seleccionar la celda con lo que aparecerá el signo \$.

- ✓ Paso 5: La validación consiste en verificar cuáles de las muestras arrojan un valor de Zc mayor que 1,96, pues estas serán las que estén fuera del rango de confiabilidad y deben ser eliminadas de la matriz:

Eliminar los valores con  $Zc \geq 1.96$

- ✓ Paso 6: Si el número de muestras descartadas es mayor al 20% del tamaño de muestras (n)<sup>14</sup>, se debe de efectuar nuevamente el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, por no ser representativo de la población analizada.
- ✓ Paso 7: En el caso de contar con estudios que hayan utilizado zonas, esta validación debe darse sobre el total de muestras, calculando los parámetros de GPC y Desviación Estándar correspondientes. La Desviación Estándar no deberá ser superior al 50% de la GPC calculada:

*GPC total del estrato (50%) > (s) : El estudio es válido.*

- ✓ Paso 8: Una vez que se han obtenido los promedios de generación per cápita de residuos sólidos para cada zona o la zona única, según corresponda; se debe calcular el promedio ponderado de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios, para esto, se utilizará la siguiente relación:

$$GPC_{pond} = \%_A \times GPC_A + \%_B \times GPC_B + \%_C \times GPC_C$$

Se propone el siguiente ejemplo:

*Tabla 25: Ejemplo de cálculo de la generación per cápita domiciliaria*

Nivel socio – económico	Representatividad poblacional	GPC total de la zona validada	$\%_i \times GPC_i$
A	23%	0.78	0.1794
B	56%	0.66	0.3696
C	21%	0.56	0.1176
Total	100%	GPC domiciliaria	0.6666 = 0.67

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 11 se presenta un ejemplo de validación de la generación per cápita (GPC) para generadores domiciliarios.

<sup>14</sup> Ver tabla 6.



### 8.3.3 Estimación de generación de residuos sólidos no domiciliarios

La estimación de la generación de residuos sólidos no domiciliaria es la suma de los promedios obtenidos en cada una de las diferentes fuentes de generación definidas anteriormente en el cálculo de la muestra multiplicados por el total de generadores de cada una ellas.

En algunos casos debe considerarse el número de días a la semana en los que el generador desarrolla sus actividades, por ejemplo, en el caso de colegios se pueden contabilizar solo cinco (5) días o en caso de centros de esparcimiento como discotecas solo tres (3), esta información debe validarse con los participantes del estudio e incluirse en el padrón de inscripción como se mencionó en el acápite correspondiente. Esta condición no excluye la toma de datos en el "Día 0", en este caso hay que realizar una primera muestra que será descartada y obtener muestras de todos los días subsiguientes que labora el generador para realizar los promedios hasta finalizar el estudio.

En la presente guía, se incluye una serie de formatos que pueden ser utilizados por el responsable del equipo de campo. En la construcción de estos formatos se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

En el caso de establecimientos comerciales, hoteles, restaurantes, instituciones públicas y privadas y mercados se elaboró archivos independientes en Microsoft Excel y se generó un número de "hojas" igual al total de subclases pertenecientes a cada fuente de generación, si no se ha llegado a definir subclases, se deben generar "hojas" de Excel a nivel de clases. Para elaborar estas hojas se ha seguido el siguiente procedimiento:

- ✓ Paso 1: Se generaron 07 "Archivos o libros" de Excel que corresponden a establecimientos comerciales, hoteles, restaurantes, mercados, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y barrido de calles, los cuales se encuentran en el Anexo 10 (archivos en Excel).
- ✓ Paso 2: Dentro de cada archivo o libro se elaboró un formato que incluyó los siguientes encabezados: N°, Código, Días que labora en la semana, generaciones del día 0 al día 07, Verificación, Promedio (kg/día), Promedio corregido (kg/día), Total de generadores y Generación total (kg/día).
- ✓ Paso 3: El formato elaborado corresponde a una subclase<sup>15</sup> identificada dentro de una fuente de generación, por ejemplo se ha determinado que se deben muestrear 60 establecimientos comerciales de los cuales 20 corresponden a bodegas (clase 1), de las cuales 5 corresponden a la subclase bodegas de más de 100 m<sup>2</sup> y 15 corresponden a la subclase menos de 100 m<sup>2</sup>; en este caso se deben generar dos "Hojas" que contarán con 5 filas en el primer caso y 15 en el segundo, si no se dividiera en subclases simplemente se generaría una "Hoja" para bodegas que incluya 20 filas. La división de una clase determinada solo debe realizarse cuando el responsable del equipo de campo encuentre diferencias significativas dentro de la misma.
- ✓ Paso 4: El campo de N° corresponde al número correlativo de un individuo de la subclase identificada dentro de la fuente de generación (o clase en caso no se haya separado en subclases), el código corresponde a la codificación designada en campo

<sup>15</sup> Podría ser clase en caso no se haya dividido en subclase.



para la toma de muestras, los días que labora se obtienen de los formatos realizados en el empadronamiento del local, la verificación consiste en un arreglo que permite calcular solo la generación de aquellos generadores que hayan entregado como mínimo muestras correspondientes a más del 50% de los días que laboran.

- ✓ Paso 5: La columna "Promedio", utiliza la formula "PROMEDIO (DIA1:DIA7)", solo de aquellos generadores que hayan entregado como mínimo el 50% de las muestras con respecto a los días que laboran.
- ✓ Paso 6: Se debe verificar que en la matriz de datos no se encuentren ceros como dato, esto hará que baje el promedio injustificadamente, si no se recogieron muestras, simplemente se debe dejar en blanco la celda correspondiente a ese día, en los formatos entregados la opción para poner ceros se encuentra restringida.
- ✓ Paso 7: La columna del "Día 0" no es considerada en el ejercicio de cálculo de obtención del GPC.
- ✓ Paso 8: El promedio hallado debe ser corregido multiplicando la generación promedio por la cantidad de días que labora un generador obteniendo la generación total semanal que luego deberá ser dividida por 07 para obtener la generación diaria estimada. Finalmente se debe calcular el promedio general de todos los promedios corregidos existentes.
- ✓ Paso 9: Se debe consignar el total de generadores existentes en cada subclase (o clase en caso no se haya separado en subclases), no debe confundirse el total de generadores a muestrear con el total de generadores existentes en el distrito.
- ✓ Paso 10: La generación total de una subclase identificada dentro de la fuente de generación (o clase en caso no se haya separado en subclases) corresponderá al producto del promedio general hallado y la cantidad de generadores totales con la que cuenta la subclase.
- ✓ Paso 11: Se deben generar "Hojas" similares de acuerdo al total de subclases existentes en cada fuente de generación, copiando el modelo inicial (Hoja llamada "Clase 01" que se ubica en el Anexo 10)
- ✓ Paso 12: Posteriormente se debe elaborar un formato que agrupe todas las generaciones totales de cada subclase (o clases en caso no se haya separado en subclases) y calcule la generación diaria total de cada fuente de generación.
- ✓ Paso 13: Para el caso de instituciones educativas se toma en cuenta la cantidad de alumnos, profesores y personal administrativo como un factor, este será empleado dividiendo el promedio obtenido en cada unidad muestral.
- ✓ Paso 14: Para el caso de almacenamiento y barrido se deben generar "Hojas" por cada clase identificada (comercial, residencial u otras) separando las actividades de almacenamiento y barrido de manera independiente.
- ✓ Paso 15: Finalmente, se debe generar un formato que agrupe las generaciones de todas las fuentes no domiciliarias para obtener la generación total de este tipo de generador.

**CONSIDERACIÓN:**

*En el caso de residuos sólidos del ámbito no domiciliario no se considerarán procesos de validación estadística, ya que este tipo de generadores tiene un nivel de variabilidad que no permite desarrollar estos procedimientos.*





### 8.3.4 Estimación de generación de residuos sólidos especiales

El procedimiento a realizar se debe desarrollar de acuerdo al procedimiento descrito en el cálculo de la generación de residuos sólidos no domiciliarios (numeral 8.3.3).

### 8.3.5 Estimación de la generación total de residuos sólidos municipales

Para el cálculo de la generación total de residuos sólidos municipales se considera la generación total de residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y especiales. Para realizar los cálculos se debe construir un archivo en Microsoft Excel, donde se consignen los datos hallados en las tablas finales de cada tipo de generador.

### 8.3.6 Estimación de la densidad de residuos sólidos

Para calcular la densidad (peso volumétrico diario) de los residuos sólidos, se obtendrá dividiendo el peso de los residuos sólidos entre el volumen que ocupen los mismos por cada día; para lo cual se aplicara la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad}(S) = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (H_f - H_o)}$$

Dónde:

S: Densidad de los residuos sólidos (kg/m<sup>3</sup>)

W: Peso de los residuos sólidos

V<sub>r</sub>: Volumen del residuo sólido

D: Diámetro del cilindro

H<sub>f</sub>: Altura total del cilindro

H<sub>o</sub>: Altura libre del cilindro

π: Constante (3.1416)

#### Ejemplo de la estimación de la densidad:

- 1) Como primer paso se calculará el volumen para el día N° 1, con los datos obtenidos en campo se realiza la siguiente operación:

$$V_r = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (H_f - H_o)$$
$$V_r = 3.1416 \cdot \left(\frac{0.58}{2}\right)^2 \cdot (0.89 - 0.255)$$
$$V_r = 0.168 \text{ m}^3$$

El volumen para el día N° 1 es 0.168 m<sup>3</sup>.

Para obtener los volúmenes del día 2 al día 7, deberá repetir el cálculo anterior.



Tabla 26: Datos para el cálculo del volumen

Cálculo del Volumen					
Día	D (m)	Hf (m)	Ho (m)	V Residuos (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
1	0.58	0.89	0.255	0.168	43,5
2	0.58	0.89	0.235	0.173	40,1
3	0.58	0.89	0.218	0.178	36,4
4	0.58	0.89	0.223	0.176	34,9
5	0.58	0.89	0.162	0.192	45,3
6	0.58	0.89	0.212	0.179	35,0
7	0.58	0.89	0.2	0.182	42,3

Fuente: Elaboración propia

- 2) Con los datos registrados de "peso de los residuos contenidos en el cilindro", se procede a calcular la densidad por día:

Se procede a efectuar el cálculo de la densidad por día:

Con el dato del volumen obtenido del día N°1 igual a (0.168 m<sup>3</sup>) y con el peso del residuo de dicho día, se procede a efectuar la división:

$$\text{Densidad}(S) = \frac{W}{Vr}$$

$$\text{Densidad}(S) = \frac{43.5\text{kg}}{0.168 \text{ m}^3}$$

$$\text{Densidad}(S) = 258.93 \text{ kg/m}^3$$

La densidad para el día N° 1 es 258.93 kg/m<sup>3</sup>.

Para obtener las densidades del día 2 al día 7, deberá repetir el cálculo anterior.

Una vez obtenga la densidad diaria por cada uno de los siete días, se promediará dicha densidad para obtener la densidad promedio (Sp); para lo cual se aplicará la siguiente fórmula:

$$Sp = \frac{\text{kg/m}^3 \cdot \text{Dia 1} + \text{kg/m}^3 \cdot \text{Dia 2} + \text{kg/m}^3 \cdot \text{Dia 3} + \dots + \text{kg/m}^3 \cdot \text{Dia 7}}{7}$$

$$Sp = \frac{258.93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 231.79 \text{kg/m}^3 + 204.49 \text{kg/m}^3 + \dots + 234.42 \text{ Dia 7}}{7}$$

$$Sp = 222.49 \text{ kg/m}^3$$

Consignar los datos en un cuadro de resultados, tal como se presenta a continuación:



Tabla 27: Determinación de la densidad

PARÁMETRO	DENSIDAD DIARIA PROMEDIO (kg/m <sup>3</sup> )							DENSIDAD PROMEDIO kg/m <sup>3</sup>
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	
DENSIDAD (S)	258.93	231.79	204.49	198.30	235.94	195.53	232.42	222.49

Fuente: Elaboración propia

**CONSIDERACIÓN:**  
*Cabe precisar, que las densidades diarias son densidades promedios (ya que la determinación de la densidad se realiza a todas las muestras recolectadas por tipo de generadores y fuentes de generación).*

### 8.3.7 Estimación de la composición de residuos sólidos

Para la estimación de la composición de residuos se hará uso de la Matriz de Composición Porcentual de residuos sólidos que se señala en el Anexo 10, la cual expresa la composición física de los residuos sólidos en porcentajes de peso, para lo cual se promedian los pesos de cada componente durante el periodo de muestreo, esto se puede llevar a cabo para los residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y especiales independientemente.

En el caso de los residuos sólidos no domiciliarios y especiales, se recomienda realizar los cálculos de acuerdo al tipo de generador, es decir un cálculo independiente para establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, mercados, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y barrido, de igual forma en los generadores de residuos sólidos municipales especiales considerar de manera independiente *tubricentros, veterinarias, centros comerciales, laboratorios.*

### Ejemplo de la estimación de la composición porcentual

Tabla 28: Ejemplo de composición de residuos sólidos

Tipo de residuo sólido	Composición de residuos sólidos								Composición porcentual %
	Día 1 kg	Día 2 kg	Día 3 kg	Día 4 kg	Día 5 kg	Día 6 kg	Día 7 kg	TOTAL kg (suma día1;día7)	
Residuos de alimentos	20	48	34	25	41	23	32	223	(223/489) X 100 = 45.60 %
Maleza, poda y madera	47	25	44	50	30	21	49	266	54.40%
<b>TOTAL</b>	67	73	78	75	71	44	81	489	100

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Se realiza la suma de los pesos obtenidos durante los días del desarrollo del estudio por cada tipo de residuo y luego la suma total en todos los días del estudio.



- ✓ Una vez obtenidos los pesos totales por tipo de residuo sólido (223 kg para residuos de alimentos y 266 kg para maleza, poda y madera) se realizan las sumas de totales por día (en este caso  $223 + 266 = 489$ ).
- ✓ Una vez obtenido el valor total en kilogramos de los residuos sólidos caracterizados (489 kg) se realiza la equivalencia de este al 100% y obteniéndose la composición porcentual por cada tipo de residuo sólido<sup>16</sup> ( $(223/489) \times 100 = 45.60\%$ ).

### 8.3.8 Estimación de la humedad de residuos sólidos

Para determinar la humedad de los residuos sólidos, se debe considerar la siguiente información: datos del pesaje total de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos correspondiente a todas las muestras recolectadas del día, luego deberá calcularse la fracción porcentual que representan los residuos sólidos orgánicos; una vez obtenida los resultados de la humedad del laboratorio referencial se completarán los cálculos y se determinará finalmente la humedad en base al total de residuos sólidos orgánicos.

Para el cálculo total de la humedad se recomienda emplear la siguiente tabla:

Tabla 29: Cálculo total de humedad

Peso de residuos sólidos orgánicos	Peso de residuos sólidos inorgánicos	Fracción de residuos orgánicos	Humedad (En base a residuos orgánicos)	Humedad (En base a peso total de residuos sólidos)
(A)	(B)	$r = (A)/(A+B)$	(H)	$H_t = (H) \times (r)$
kg	kg	%	%	%

Fuente: Elaboración propia

#### Donde:

- A: Peso de residuos sólidos orgánicos
- B: Peso de residuos sólidos inorgánicos
- r: Fracción de residuos orgánicos
- H: Humedad de residuos sólidos determinados en laboratorio
- H<sub>t</sub>: Humedad en base al peso total de residuos sólidos de A+B

## 9. LITERATURA CONSULTADA

- CEPIS. Guía para el estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, Anexo 02, OPS/CEPIS/04/IT-634
- CEPIS. Hojas de divulgación técnica del CEPIS: 17 y 97
- Javier Gorjas, Cardiel López y Zamorano Calvo, Estadística básica para estudiantes de ciencias, Universidad Complutense de Madrid, Versión 17, febrero 2011.
- Walpole Ronald E., Probabilidad y Estadística para Ingenieros, PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A., México, 1999.
- Matt Crowe and Mr. Gerry Carty, Environmental Protection Agency, Municipal Waste Characterisation, Ardcanan, Wexford, Ireland, 1996.

Todo el procedimiento señalado se aplicará para cada tipo de residuo sólido identificado en el estudio de caracterización.



- Ministerio del Ambiente, NEFCO, Consorcio NIRAS, Perspectives, ECI, Estudio de caracterización física de residuos sólidos municipales de la ciudad de Huancayo, Lima – Perú, 2013
- Ministerio del Ambiente, NEFCO, Consorcio NIRAS, Perspectives, ECI, Estudio de caracterización física de residuos sólidos municipales de la ciudad de Piura, Lima – Perú, 2013
- USAID – PRODES, Municipalidad de Tambopata, Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales de la ciudad de Puerto Maldonado, Tambopata, Madre de Dios, Lima – Perú, 2014.
- Ministerio del Ambiente, Guía Metodológica para el desarrollo del Estudio de caracterización de Residuos Sólidos Municipales, Lima – Perú, 2013.
- Ministerio del Ambiente, Anexos de la Actividad 2 de las Metas 02 y 06: Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en viviendas urbanas del distrito, según los porcentajes categorizados por cada gobierno local, disponible en: <http://redrrss.minam.gob.pe/actividades.php> al 30 de noviembre de 2016.



# GLOSARIO

- **Almacenamiento**  
El almacenamiento es el proceso y/o operación de acumulación temporal de residuos sólidos en condiciones técnicas como parte del sistema de manejo de residuos sólidos hasta su valorización o disposición final
- **Barrido y limpieza de espacios públicos**  
Operación que tiene por finalidad que los espacios públicos que incluyen vías, plazas y demás áreas públicas, tanto en el ámbito urbano como rural, queden libres de residuos sólidos. La actividad debe realizarse sobre el total de vías existentes bajo diferentes modalidades de ejecución.
- **Bolsas plásticas de un solo uso<sup>17</sup>**  
Son aquellas bolsas de base polimérica, diseñadas para un solo uso y con corto tiempo de vida útil, o cuya composición y/o características no permite y/o dificulta su biodegradabilidad y/o valoración. También se conocen como descartables.
- **Composición Física**  
Es la proporción relativa de componentes que se encuentran dentro de una cantidad específica de residuos sólidos, los cuales incluyen plásticos, metales, papel, materia orgánica, entre otros.
- **Densidad<sup>18</sup>**  
Es el peso de un material por unidad de volumen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Este parámetro tiene mucha importancia a la hora de determinar la capacidad de los equipos de recolección y almacenamiento de los residuos.
- **Diseño final**  
Es el proceso y/o operación para tratar y disponer en un lugar los residuos sólidos como último proceso de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.
- **Desviación estándar**  
Es la variación del promedio de la muestra medida en las mismas unidades que esta, matemáticamente, es la raíz cuadrada de la varianza.
- **Generación per cápita (GPC)**  
Es la generación unitaria de residuos sólidos, normalmente se refiere a la generación de residuos sólidos por persona-día.
- **Gestión integral de residuos sólidos**  
Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos.
- **Generador**  
Persona natural o jurídica que en razón de sus actividades genera residuos, sea como fabricante, importador, distribuidor, comerciante o usuario. También se considera generador al poseedor de residuos peligrosos, cuando no se pueda identificar al generador real y a los gobiernos municipales a partir de las actividades de recolección.
- **Humedad<sup>19</sup>**  
Es la cantidad de materia acuosa, generalmente concedida de los residuos orgánicos.



<sup>17</sup> Tomado Resolución N° 0668. Por la cual se reglamenta el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.

<sup>18</sup> Manual para la gestión de los residuos urbanos. GARRIGUES. 2003. Página 64

<sup>19</sup> Décima Disposición complementaria, transitorias y finales de la Ley N° 27314, Ley general de Residuos Sólidos.

- **Recolección**  
Acción de recoger los residuos para transferirlos mediante un medio de locomoción apropiado, y luego continuar su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada.
- **Recicladores organizados**  
Personas naturales que deciden agruparse en una sociedad, asociación, micro empresa y empresa para realizar un fin común, constituyéndose en persona jurídica y formalizándose mediante inscripción en registros públicos.
- **Residuos de limpieza de espacio público**  
*Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas y otras áreas públicas.*
- **Residuos municipales**  
Son aquellos residuos conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción.
- **Residuos municipales especiales**  
Son aquellos que siendo generados en áreas urbanas, por su volumen o características, requieren de un manejo particular, tales como residuos de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricantes, centros veterinarios, centros comerciales, eventos masivos como conciertos, concentraciones y movilización temporal humana, ferias, residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales.
- **Residuos inorgánicos**  
Son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos.
- **Residuos municipales**  
Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción.
- **Residuo sólido no aprovechable**  
Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, instituciones, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.
- **Residuo no municipales**  
Los residuos del ámbito de gestión no municipal o residuos no municipales, son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios. Comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de la operación.



- **Residuos orgánicos**  
Se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición. Pueden generarse tanto en el ámbito de gestión municipal como en el ámbito de gestión no municipal.
- **Segregación**  
Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.
- **Valorización**  
Cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo, uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. La valorización puede ser material o energética.
- **Valor atípico<sup>20</sup>**  
También conocido como outlier. Se les denomina valores atípico u outliers a aquellas observaciones con características diferentes de las demás. Este tipo de casos no pueden ser caracterizados como beneficios o problemáticos, sino deben ser contemplados en el contexto del análisis y debe evaluarse el tipo de información que pueden proporcionar.  
Su principal problema radica que son elementos que pueden no ser representativos de la población, pudiendo distorsionar seriamente el comportamiento de los contrastes estadísticos.



<sup>20</sup> HAIR, J., ANDERSON, R., TATHAM, R. y BLACK, W. (1999). Análisis Multivariante. 5a Edición. Prentice Hall.



# ANEXOS



Anexo 1: Lineamientos de capacitación a sensibilizadores

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO _____		
LINEAMIENTOS DEL TALLER DE CAPACITACIÓN A SENSIBILIZADORES		
Objetivos:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer aspectos generales del manejo de los residuos sólidos.</li> <li>- Lograr acuerdos para seguir las procedimientos de la visita para la inscripción en el estudio; y comprender los contenidos de los materiales.</li> <li>- Realizar las tareas previas a la salida de campo para la sensibilización.</li> </ul>		
Temas	Procedimiento	Materiales
Bienvenida	Presentación de los objetivos del taller y temas a desarrollar.	Registro de asistencia y lapicero
TEMA 1: Situación de los residuos sólidos en el Perú y el distrito	Exposición acerca de la normatividad nacional y local en residuos sólidos y análisis de las etapas del ciclo de los residuos sólidos.	Laptop, multimedia, PPT
TEMA 2: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos:	Exposición acerca de la definición, importancia y etapas de la caracterización de los residuos sólidos municipales.	Laptop, multimedia, PPT
Refrigerio	Exposición acerca de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Objetivo de la visita:</i> informar acerca del desarrollo del estudio de caracterización y sensibilizar al vecino o propietario del establecimiento o empresa para lograr su participación.</li> <li>- <i>Rol de los sensibilizadores</i> (ubicar y obtener la cooperación de los vecinos o propietarios del establecimiento o empresa, asignar un código a la vivienda o establecimiento participante, registrar a los participantes en el formato físico y digital respectivo, colocar un sticker o afín para reconocer la muestra, identificar la vivienda o establecimiento en el plano de ruta y entregar materiales a los participantes).</li> <li>- <i>Recomendaciones a los sensibilizadores</i> (causar una primera buena impresión, mantener una comunicación positiva, responder las preguntas que pueda hacerle el generador y revisar sus materiales antes de salir al campo).</li> <li>- <i>Esquema de la visita y uso de materiales:</i> explicación del uso plano de ruta y uso del formato de sensibilización/ empadronamiento (enfaticando en la importancia de la codificación); y revisión de los contenidos de los materiales de educación y sensibilización para asegurar su comprensión.</li> </ul>	Laptop, multimedia, PPT, y para cada participante: 1 lapicero, 1 plano de ruta, 2 cartas de alcaldía (1 para vecinos y 1 para propietarios), 2 formatos de empadronamiento (1 para vecinos y 1 para propietarios), 1 carnet de identificación, materiales a ser usados (sticker, rotafolio, volante, díptico, etc.) y 1 tablero (opcional).
TEMA 3: Metodología para la sensibilización a los generadores	Exposición acerca de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Objetivo de la visita:</i> informar acerca del desarrollo del estudio de caracterización y sensibilizar al vecino o propietario del establecimiento o empresa para lograr su participación.</li> <li>- <i>Rol de los sensibilizadores</i> (ubicar y obtener la cooperación de los vecinos o propietarios del establecimiento o empresa, asignar un código a la vivienda o establecimiento participante, registrar a los participantes en el formato físico y digital respectivo, colocar un sticker o afín para reconocer la muestra, identificar la vivienda o establecimiento en el plano de ruta y entregar materiales a los participantes).</li> <li>- <i>Recomendaciones a los sensibilizadores</i> (causar una primera buena impresión, mantener una comunicación positiva, responder las preguntas que pueda hacerle el generador y revisar sus materiales antes de salir al campo).</li> <li>- <i>Esquema de la visita y uso de materiales:</i> explicación del uso plano de ruta y uso del formato de sensibilización/ empadronamiento (enfaticando en la importancia de la codificación); y revisión de los contenidos de los materiales de educación y sensibilización para asegurar su comprensión.</li> </ul>	Laptop, multimedia, PPT, y para cada participante: 1 lapicero, 1 plano de ruta, 2 cartas de alcaldía (1 para vecinos y 1 para propietarios), 2 formatos de empadronamiento (1 para vecinos y 1 para propietarios), 1 carnet de identificación, materiales a ser usados (sticker, rotafolio, volante, díptico, etc.) y 1 tablero (opcional).
Preparación de materiales	Explicación de indicaciones para preparar los materiales para la salida de campo: preparación de carpeta de materiales, entre otros aspectos logísticos. - Conclusiones del día y explicación de itinerarios para la salida de campo.	Bolsas, stickers, entre otros.
Tiempo		2 horas con 35 minutos.



Anexo 2: Modelo de documento de invitación a participar del estudio

CARTA CIRCULAR N° \_\_\_\_\_ - 201x

Distrito xxxx – xxxx de 2018

Estimado Vecino (a)

Sr (a) \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Asunto: Invitación a ser parte del Estudio de  
*Caracterización de Residuos Sólidos*  
Municipales en la Provincia/Distrito xxxx

De mi consideración:

La presente es para saludarle cordialmente y a la vez informarle que la Municipalidad Provincial/ Distrital de xxxxxx, está llevando a cabo el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos domiciliario en la Provincia/Distrito, con la finalidad de conocer las características físicas (cantidad y tipos) de residuos sólidos que se generan dentro de nuestra jurisdicción, buscando con ello mejorar la gestión integral de residuos sólidos domiciliarios.

En razón a ello se requiere su colaboración para ser parte de este estudio, con las siguientes actividades:

1. Registro de su vivienda como participante del estudio.
2. Recepción de bolsas diferenciadas para la recolección de los residuos sólidos generados en el domicilio, sin variar el comportamiento habitual.
3. Entrega de bolsas con residuos (de 24 horas de generación) al personal autorizado por la municipalidad, durante los 08 días siguientes que le indique el/la promotor/a ambiental.

Finalmente, se agradece su colaboración con la autoridad municipal para la realización de este estudio temporal de los residuos sólidos municipales; para consultas o dudas, puede comunicarse al (Dxx) xxxxxx, anexo xxx.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente

\_\_\_\_\_  
Alcalde/Gerente Municipal o del área responsable del estudio

NOTA: Adecuar el modelo de invitación para generadores no domiciliarios y generadores especiales.



Anexo 3: Modelo de material de sensibilización a la población para la participación en el estudio

LOGO DE LA MUNICIPALIDAD

**ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**



**¿QUÉ SON LOS RESIDUOS SÓLIDOS?**

Son aquellos restos que cada persona genera en sus actividades diarias y comúnmente llamados basura

**¿QUÉ ES UN ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS-ECRS?**

Es una herramienta que permite obtener información primaria acerca de la cantidad, composición, densidad y humedad de los residuos sólidos en un determinado ámbito.



**¿CUÁL ES LA IMPORTANCIA DE UN ECRS?**

Es importante porque permite elaborar una serie de instrumentos de gestión de residuos sólidos, así como proyectos de inversión y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de los residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.

**¿CÓMO PUEDO PARTICIPAR?**

Si tu vivienda ha sido seleccionada, entonces:

- 1) Responde a las preguntas que te realizará el/la promotor/a ambiental.
- 2) Entrega durante 8 días seguidos **TODOS TUS RESIDUOS SÓLIDOS SIN EXCEPCIÓN** al personal encargado e identificado.

Municipalidad Provincial de  
.....



Anexo 4: Modelo referencial de material de sensibilización a la población para la participación en el estudio (continuación del anexo 03)

LOGO DE LA MUNICIPALIDAD

¿**CÓMO** PUEDO PARTICIPAR DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN?

1



**RESPONDER LAS PREGUNTAS** realizadas por los promotores ambientales, quienes estarán identificados con su fotocheck y te preguntarán lo siguiente:

- ✓ Dirección.
- ✓ Urbanización, Asentamiento Humano o Centro Poblado.
- ✓ Nombre y Apellido
- ✓ DNI
- ✓ Número de habitantes

Luego de responder las preguntas, deberá **FIRMAR EL PADRÓN DE PERSONAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO.**

2

**NO RETIRAR** el sticker de su vivienda o establecimiento comercial por ningún motivo, **mientras dure el estudio (08 días)**; en caso de la pérdida del sticker, comunicar inmediatamente a los

3



**ENTREGAR SUS RESIDOS SÓLIDOS ÚNICAMENTE** al personal identificado, durante **08 días seguidos**, la bolsa para los residuos debe contener absolutamente **TODOS LOS DESPERDICIOS** que se generen en su vivienda o establecimiento comercial. Durante este período tus bolsas con residuos **NO** deben ser recolectados por el **VEHÍCULO RECOLECTOR.**

Municipalidad Provincial de

.....



## Anexo 5: Metodología para determinar el tamaño de muestras domiciliarias

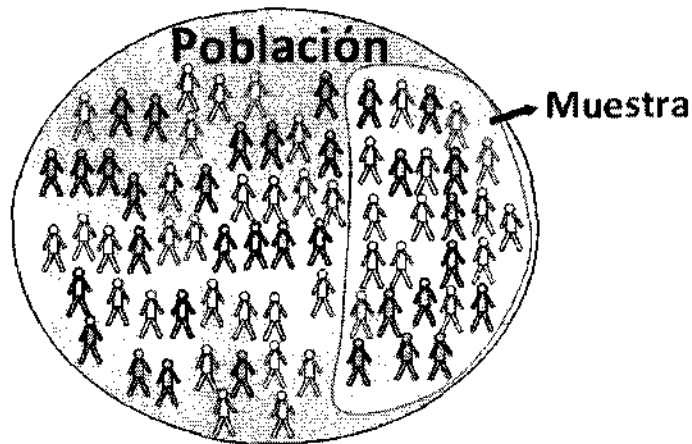
### Metodología para determinar el tamaño de la muestra

La metodología para determinar el tamaño de la muestra necesaria para los estudios de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, requiere la aplicación de los conceptos básicos de estadística los cuales deben ser manejados por el especialista que esté a cargo del estudio y se definen a continuación:

### Población y Muestra

La población en el caso de todo análisis estadístico, es el conjunto completo de elementos con una característica común que es objeto de nuestro estudio<sup>21</sup>.

La muestra es una parte de la población que representa a esta y que es utilizada para proyectar las cifras sin necesidad de analizar al total de la población.



### Muestreo aleatorio

De acuerdo a la metodología, todos los elementos de una población deben tener la misma posibilidad de ser seleccionados como muestra.

### Media Aritmética

La media aritmética o promedio aritmético es la suma de los datos dividida por la cantidad de estos, para lo cual se asume que todos los datos o valores tienen la misma importancia o peso, es decir no existe una ponderación de datos.

### Varianza de una muestra

Está basada en un valor promedio de las desviaciones respecto a la media o promedio y matemáticamente es el promedio de los cuadrados obtenidos de la diferencia entre cada muestra y el valor promedio calculado.

En la siguiente tabla, se tienen los valores promedios de generación per cápita de residuos sólidos para cada vivienda, obtenidos en un muestreo de 08 días y en la tercera columna,

<sup>21</sup> Javier Gorjas, Cardiel López y Zamorano Calvo, Estadística básica para estudiantes de ciencias, Universidad Complutense de Madrid, Versión 17, febrero 2011.

se presenta el valor promedio final obtenido con los valores promedios de GPC para cada vivienda, es decir, el promedio de la generación per cápita de las viviendas muestreadas, en la cuarta columna, se expresa la diferencia entre el valor promedio de cada vivienda y el promedio de toda la muestra, en la quinta columna, se observa cada diferencia hallada en la cuarta columna elevada al cuadrado y finalmente, en la sexta columna, se obtiene la varianza de la muestra.

#### Ejemplo de estimación de la varianza de una muestra

Muestras	GPC (kg/hab/día) (A)	GPC Promedio de la Muestra ( $\bar{X}$ )	Diferencia $D = (A - \bar{X})$	Diferencia al cuadrado $v = (D)^2$	Varianza $V = (v)/(n-1)$
Vivienda 1	0,54	0,52	0,02	0,00036	0,01
Vivienda 2	0,45	0,52	-0,07	0,00504	0,01
Vivienda 3	0,53	0,52	0,01	0,00008	0,01
Vivienda 4	0,5	0,52	-0,02	0,00044	0,01
Vivienda 5	0,38	0,52	-0,14	0,01988	0,01
Vivienda 6	0,66	0,52	0,14	0,01932	0,01
Vivienda 7	0,55	0,52	0,03	0,00084	0,01
Vivienda 8	0,51	0,52	-0,01	0,00012	0,01
Vivienda 9	0,49	0,52	-0,03	0,00096	0,01
Vivienda 10	0,6	0,52	0,08	0,00624	0,01
n = 10 (total de número de muestras)					

El valor obtenido de 0.01 se interpreta de la siguiente manera: "En promedio los cuadrados de las diferencias entre la GPC total de la muestra y las GPC obtenidas en cada una de las viviendas, difieren en 0.01 unidades con respecto a la GPC total de la muestra".

#### Desviación típica o estándar

La desviación típica o estándar es la variación del promedio de la muestra medida en las mismas unidades que esta, matemáticamente, es la raíz cuadrada de la varianza; en la siguiente tabla, se observa el cálculo respectivo de la tabla anterior:

#### Ejemplo de estimación de la desviación estándar de una muestra

Muestras	GPC (kg/hab/día) (A)	Varianza $V = (v)/(n-1)$	Desviación Estándar $s = \sqrt{V}$
Vivienda 1	0,54	0,01	0,08
Vivienda 2	0,45	0,01	0,08
Vivienda 3	0,53	0,01	0,08
Vivienda 4	0,5	0,01	0,08
Vivienda 5	0,38	0,01	0,08
Vivienda 6	0,66	0,01	0,08

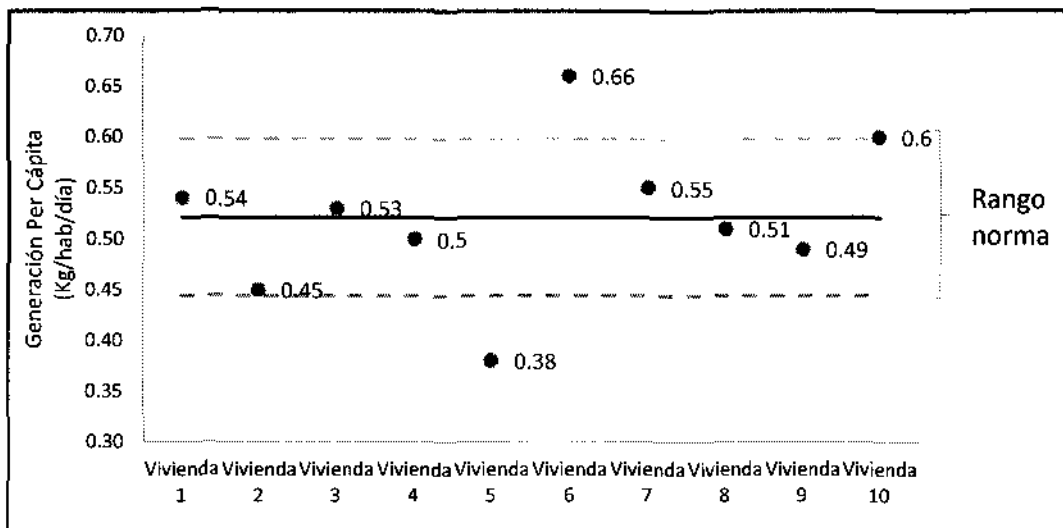


Muestras	GPC (kg/hab/día) (A)	Varianza $V = (v)/(n-1)$	Desviación Estándar $s = \sqrt{V}$
Vivienda 7	0,55	0,01	0,08
Vivienda 8	0,51	0,01	0,08
Vivienda 9	0,49	0,01	0,08
Vivienda 10	0,6	0,01	0,08

El valor obtenido de 0.08 se interpreta de la siguiente manera: “En promedio las diferencias entre la GPC total de la muestra y las GPC obtenidas en cada una de las viviendas, difieren en 0.08 kg/hab/día con respecto a la GPC total de la muestra”.

Las dispersiones halladas se muestran en la siguiente figura:

Ilustración 5.a: Interpretación y aplicación de la desviación típica o estándar



Como se observa, la desviación estándar define en esta gráfica rangos superior e inferior, dentro de los cuales se espera que se encuentren las muestras, se observa también que hay algunos datos fuera de los rangos definidos por la desviación estándar.

### Distribución Normal

La mayoría de investigaciones y fenómenos de la naturaleza se pueden definir bajo la distribución normal o de Gauss<sup>22</sup>, esta distribución ayuda a mantener probabilidades de los diversos valores obtenidos en cada muestra, dentro de un margen requerido, generalmente expresado en porcentaje, así, si deseamos mantener las muestras dentro de los márgenes definidos por la desviación estándar con una probabilidad del 95%, recurriremos a la tabla de distribución normal y hallaremos el valor del estadístico “Zc”, con el cual se definirá la siguiente expresión:

<sup>22</sup> Walpole Ronald E., Probabilidad y Estadística para Ingenieros, PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A., México, 1999.



$$Z_c = \frac{x - u}{s}$$

Donde:

- Zc: Variable aleatoria normal
- x: dato de la muestra
- u: Promedio de la muestra
- s: Desviación estándar de la muestra

Es decir, el valor que hallemos en la tabla de distribución normal para Zc, lo igualaremos a esta expresión, considerando el promedio final (u, de todas las viviendas), el promedio de cada vivienda o muestra (x) y la desviación estándar, obtenida de todas las muestras válidas del estudio.

Si bien es cierto, el uso de Zc permite una validación estadística de los datos obtenidos en campo, existen pasos previos de verificación de los datos obtenidos, como la aceptación o no de datos claramente fuera del rango esperado (muy por arriba o muy por debajo del valor esperado), por ejemplo cuando una familia decide hacer una limpieza general o de sus techos, aprovechando que durante el estudio de caracterización, el recojo de residuos se lleva a cabo diariamente, lo cual incrementará la generación de residuos sólidos de esa vivienda, sin embargo, la idea de desarrollar el estudio es obtener una «foto» de las condiciones cotidianas de generación de residuos sólidos, lo cual no considera limpiezas esporádicas hechas por los generadores.

Para interpretar estas condiciones, es importante que el especialista a cargo, posea cierto entrenamiento y experiencia en campo, en estudios anteriores o como técnico de servicios de limpieza pública en un gobierno local, de este modo se podrán corregir estas incidencias desde la toma de muestras.

Para la determinación del nivel de confiabilidad más adecuado a usar en la estimación de muestras de residuos sólidos domiciliarios en un estudio de caracterización de residuos sólidos, se hicieron ensayos de estimación de muestras y de obtención de generación per cápita de residuos sólidos con niveles de confianza de la distribución normal de 90% y 95%. La metodología y resultados se presentan como anexo de esta guía, la interpretación de este análisis arrojó que es conveniente mantener una confiabilidad de 95% en la distribución normal.

Existen diversos métodos estadísticos para determinar un número mínimo de muestras para este tipo de estudios, los mismos se basan principalmente en el tamaño de la población, la variabilidad que presenta y las distorsiones que se pueden dar en el muestreo; para este tipo de estudios se determinará el tamaño muestral teniendo como base que la población tiene una distribución normal de acuerdo a la siguiente fórmula:

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



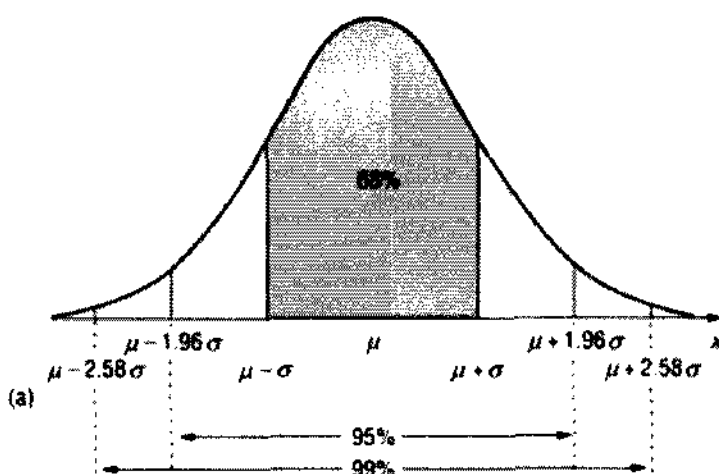
En la aplicación de guías anteriores se han evidenciado dificultades al momento de aplicar fórmulas de determinación del tamaño muestral, en la presente guía y con fines prácticos se presentan los rangos de tamaño de muestras que las municipalidades deben considerar de acuerdo a la cantidad de viviendas en cada distrito, de modo que no se generen controversias.

Esta fórmula se basa principalmente en la variabilidad que presenta la población estudiada, la cual debe distribuirse normalmente, cabe resaltar que esta fórmula se utiliza a pesar de existir arreglos estadísticos que pueden definir de manera más precisa la población pero que requerirían de un conocimiento más amplio del evaluador y un nivel mayor de información al que se cuenta actualmente; es decir se ha sopesado el criterio de practicidad y confiabilidad estadística.

Los datos que se han propuesto se generaron mediante los siguientes valores:

Total de viviendas del distrito: Se toma el valor superior de cada uno de los rangos de viviendas propuestas (500, 1000, 5000 y 10000 viviendas).

Nivel de confianza: Bajo el supuesto que la población se distribuye normalmente, se ha previsto trabajar con un 95% de confiabilidad, lo cual se consigue a 1.96 desviaciones estándar ( $Z_c$ ) a la derecha e izquierda de la media nacional de 0.56 Kg/hab/día, se presenta el siguiente gráfico para explicar la lógica en el cálculo:



Desviación estándar: Se han considerado los siguientes valores de acuerdo a las condiciones estudiadas en cada uno de los rangos poblacionales:

Rango de viviendas (N)	Desviación correspondiente
Hasta 500 viviendas	0.20
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	0.25
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	0.28
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	0.28
Más de 10000 viviendas	0.28

Error permisible: Se ha considerado un valor de 10% de la GPC promedio nacional es decir  $10\% \times 0.56 = 0.056$

Porcentaje de contingencia: Es un valor que permite eliminar datos anormales sin necesidad de afectar la confiabilidad estadística de la muestra, en este caso se ha considerado un valor de 20% con respecto al total de las muestras halladas.

Número de muestras (n): corresponde al número de muestras obtenidas por la relación inicial más el 20% de muestras de contingencia.

Rango de viviendas (N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestras de contingencia (20% de n)	Total de muestras domiciliarias
Hasta 500 viviendas	45	9	54
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	71	14	85
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	94	19	113
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	95	19	114
Más de 10000 viviendas	95	23	119

Para el caso particular del cálculo de la muestra de generadores no municipales, se han considerado los siguientes parámetros:

- Desviación estándar: Se ha considerado un valor de 50% de la GPC promedio nacional de residuos sólidos no domiciliarios, que de acuerdo a CEPIS representaría el 30% de la generación total municipal ( $0.56 \times 30 / 70 = 0.24$ )
- Error permisible: Se ha considerado un valor de 10% de la GPC promedio nacional de residuos sólidos no domiciliarios, es decir  $10\% \times 0.24 = 0.024$
- Porcentaje de contingencia: Es un valor que permite eliminar datos anormales sin necesidad de afectar la confiabilidad estadística de la muestra, en este caso se ha considerado un valor de 20% con respecto al total de las muestras halladas.
- Número de muestras (n): corresponde al número de muestras obtenidas por la relación inicial más el 20% de muestras de contingencia.



Anexo 6: Modelo de registro de vivienda participante

Nº	Código	Dirección	Urb/C.P/AAHH	Nombre y apellido	DNI	Nº Habitan- tantes por vivienda	Preguntas				Firma
							¿En qué horario se puede recoger las bolsas de las muestras?	¿En el horario antes señalado, siempre hay una persona para entregar las bolsas de las muestras	¿Entrega sus residuos inorgánicos a un reciclador?	¿Los residuos orgánicos son usados como alimentos para animales u otros usos?	
1											
2											
3											
4											
5											
n...											



## Anexo 7: Seguridad y salud en el trabajo

La gestión de la salud y seguridad en el trabajo será importante en el estudio de caracterización, debido a que, al ser un estudio de campo tan corto, es probable que las actividades que se interrumpen no puedan llevarse a cabo nuevamente, lo cual devendrá en la pérdida de información de campo; la siguiente matriz muestra de manera sintetizada los actos y condiciones inseguras más frecuentes y cómo prevenirlas, del mismo modo muestra también como hacer frente a esta condición generada.

Matriz para la gestión de salud y seguridad ocupacional en el estudio

Etapa	Actos / Condiciones inseguras	Riesgo	Medidas de atención inmediata	Medida de prevención
Traslado de personal a las zonas de recolección	Subir de manera apresurada a la camioneta	Caídas, golpes, torceduras, lesiones por presión de la puerta del unidad vehicular	Atención de primeros auxilios	Charla de 05 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas  Sanción por reincidencia
	Viajar en la tolva de la camioneta	Caídas, golpes, torceduras Accidentes con otros unidad vehiculares	Buscar atención médica de urgencia	
	Juegos en la cabina del unidad vehicular, distracción al conductor	Choques, despistes		
Distribución en campo del personal	Bajar apresuradamente de la camioneta	Caídas, golpes, torceduras	Atención de primeros auxilios	Charla de 05 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas  Sanción por reincidencia
	Correr para cruzar la autopista	Embestidas, Atropeamientos	Buscar atención médica de urgencia	
Recolección de residuos sólidos	Arrastrar las bolsas de residuos	Rotura de bolsas y derrame de residuos	Limpieza del lugar, información del hecho y las medidas a los afectados	Charla de 05 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas  Sanción por reincidencia
	Aventar los residuos sólidos en los puntos en los que se acumulan	Lesiones por golpe	Atención de primeros auxilios	
		Cortes por vidrios rotos Daños a los ojos por partículas o espinas	Lavado de ojos, atención médica	
Carguío de muestras	Aventar las bolsas de residuos sólidos	Lesiones por golpe	Atención de primeros auxilios	Procedimiento para el transporte de residuos y charlas de 05 minutos
		Cortes por vidrios rotos Daños a los ojos por partículas o espinas	Lavado de ojos, atención médica	
Transporte de muestras y de personal	No colocar malla a las bolsas o no asegurarlas	Caída de bolsas y daños a terceros	Limpieza del lugar, información del hecho y las medidas a los afectados	Procedimiento para el transporte de residuos y charlas de 05 minutos  Charla de 05 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas  Sanción por reincidencia
	Exceso de velocidad para trasladar las bolsas	Caída de bolsas y daños a terceros	Despejar la vía de tránsito, atención policial	
		Choques, despistes		
Descarga de muestras	Aventar las bolsas de residuos sólidos	Lesiones por golpe	Atención de primeros auxilios	Procedimiento para la descarga de residuos y charlas de 05 minutos
		Cortes por vidrios rotos Daños a los ojos por partículas o espinas	Atención de primeros auxilios, evaluar para atención médica Lavado de ojos, atención médica	
Pesaje de muestras y análisis de densidad	Aventar las bolsas de residuos sólidos	Lesiones por golpe	Atención de primeros auxilios	Procedimiento para el pesaje de muestras  Charlas de 05 minutos
		Cortes por vidrios rotos Daños a los ojos por partículas o espinas	Atención de primeros auxilios, evaluar para atención médica Lavado de ojos, atención médica	
	No usar guantes para el manipuleo de residuos	Cortes en las manos	Lavado de herida, evaluar atención médica	
Clasificación de muestras	No usar guantes para el manipuleo de residuos	Cortes en las manos, infecciones por heridas abiertas	Lavado de herida, evaluar atención médica	Charla de 05 minutos antes del inicio de operaciones, registro



Etapa	Actos / Condiciones inseguras	Riesgo	Medidas de atención inmediata	Medida de prevención
	No usar protección para respirar (mascarilla)	Afecciones a las vías respiratorias,	Atención médica, suspender del trabajo	de las charlas, preguntas al final de las charlas Sanción por reincidencia
		Intoxicaciones	Atención médica suspender del trabajo	
	Jugar con los residuos sólidos	Daños a los ojos	Lavado de ojos, atención médica	
		ingreso de residuos sólidos a la boca, ingesta de residuos	Atención médica	

Fuente: Elaboración propia

NOTA: Sin perjuicio a lo establecido en el Decreto Supremo N°017-2017 –TR, que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Obreros Municipales del Perú.



Anexo 8: Modelo referencial de cadena de custodia para el análisis de residuos sólidos

Institución	Dirección	INFORMACIÓN DE ENVÍO DE LA MUESTRA	
Nombre del contacto	Teléfono de contacto	Tipo de entrega	Directa ( ) Mensajería ( )
Email	Proyecto	Responsable de envió	
Realizar boleta o factura a nombre	Ruc	Empresas de mensajería	
Departamento	Provincia	N° de paquetes enviados	
Código de cadena de custodia	Distrito	Fecha	

Código de Laboratorio (1)	Código de la muestra	Fecha de muestreo	Fuente de generación de la muestra (2)	N° de envases por muestreo	N° sobre empaque	Preservación (2)(SI/NO)	Parámetros a determinar	Observaciones
							Humedad	
							Humedad	
							Humedad	
							Humedad	
							Humedad	
							Humedad	
							Humedad	
Total								

Entregado			Recibido				
Nombre y apellido	Firma	Institución/empresa	Nombre y apellido	Firma	Institución/empresa	Fecha	Hora

Responsable del muestreo	
Firma	

(1) Campo exclusivo para el Laboratorio. (2) Detallar si es fuente de generación Domiciliaria/ No Domiciliaria/ Especial. (3) En caso "SI" se envió refrigerada, señalar si es con hielo o gel.



## Anexo 9: Contenido del informe final del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales

INTRODUCCIÓN
I OBJETIVOS DEL ESTUDIO
1.1. Objetivo General
1.2. Objetivos Específicos
II METODOLOGÍA DEL ESTUDIO
<b>2.1. Determinación de número de muestras Domiciliarias</b>
2.1.1. Zonificación del distrito
2.1.2. Determinación y proyección de la población actual
2.1.3. Determinación del tamaño y distribución de la muestra por ubicación espacial
<b>2.2. Determinación de número de muestras no domiciliarias y especiales</b>
2.2.1. Identificación de las principales actividades económicas del distrito de acuerdo al índice de usos
2.2.2. Determinación del número de muestra de generadores de residuos no domiciliarios
2.2.3. Determinación del número de muestra de generadores de residuos especiales
2.2.4. Determinación de la distribución de la muestra por ubicación espacial
<b>2.3. Procedimientos para la realización del estudio</b>
2.3.1. Coordinaciones generales
2.3.2. Conformación del equipo técnico y de campo, y capacitación
2.3.3. Determinación de equipos y materiales a utilizar en el estudio
2.3.4. Sensibilización y empadronamiento
2.3.5. Plan de seguridad e higiene
<b>2.4. Ejecución del estudio</b>
2.4.1. Recolección de muestras domiciliarias
2.4.1.1. Determinación de la generación per-cápita
2.4.1.2. Determinación de la densidad
2.4.1.3. Determinación de la composición física de los residuos sólidos
2.4.1.4. Determinación de la humedad
2.4.2. Recolección de muestras de generadores no domiciliarios y especiales
2.4.2.1. Determinación de la generación
2.4.2.2. Determinación de la densidad
2.4.2.3. Determinación de la composición física de los residuos sólidos
2.4.2.4. Determinación de la humedad
III PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO
<b>3.1. Resultados de la caracterización domiciliaria</b>
3.1.1. Generación per cápita (GPC) de los residuos sólidos domiciliarios.
3.1.2. Densidad de residuos sólidos domiciliarios
3.1.3. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios
3.1.4. Humedad de los residuos sólidos domiciliarios
<b>3.2. Resultados de la caracterización no domiciliaria y especiales</b>
3.2.1. Generación total
3.2.2. Densidad de residuos sólidos
3.2.3. Composición física de los residuos sólidos
3.2.4. Humedad de los residuos sólidos
<b>3.3. Resultados generales de la caracterización</b>
3.3.1. Generación total y generación per cápita total municipal
3.3.2. Densidad suelta de residuos sólidos municipales
3.3.3. Composición general de los residuos sólidos municipales
IV. CONCLUSIONES
V. RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFIA
ANEXOS
Anexo N° 01: Registro de participantes empadronados
Anexo N° 02: Copia de comunicación oficial a los participantes del estudio
Anexo N° 03: Resultados de análisis de laboratorio del parámetro de humedad
Anexo N° 04: Registro de asistencia de capacitación
Anexo N° 05: Acta de acuerdos del equipo técnico
Anexo N° 03: Registro fotográfico





## Anexo 10: Formatos para cálculos de parámetros

A continuación se detalla la relación de formatos para cálculos de parámetros para generadores domiciliarios, no domiciliarios y especiales:

- EXCEL FORMATOS ESPECIALES
- EXCEL FORMATOS DOMICILIARIOS
- EXCEL FORMATOS NO DOMICILIARIOS
- FORMATO COMPOSICIÓN
- FORMATO DENSIDAD

Los formatos señalados se encontraran en la página web del Ministerio del Ambiente.

Anexo 11: Ejemplo de validación de la generación percápita (GPC) para generadores domiciliarios

El ejemplo de validación de la generación percápita (GPC) para generadores domiciliarios, se encuentra en la página web del Ministerio del Ambiente.

