

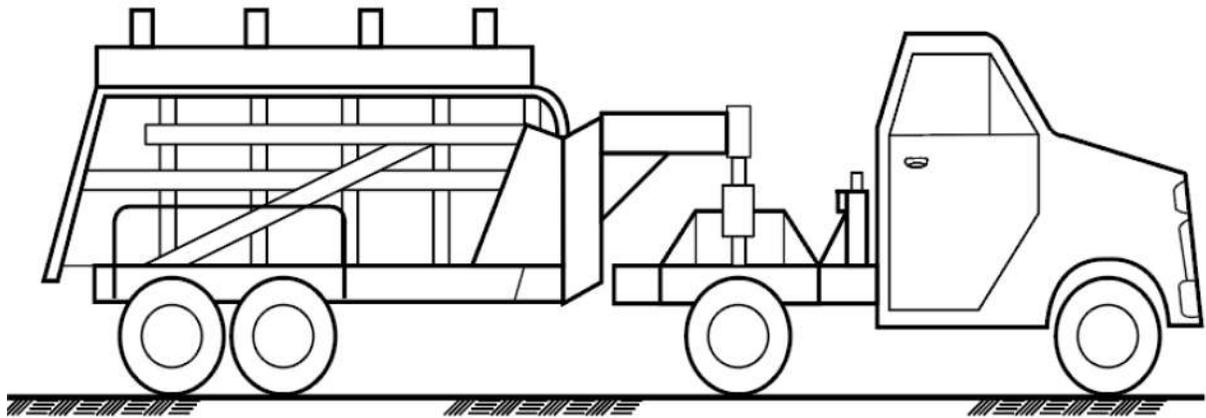
**GESTIÓN IDEALIZADA Y SUSTENTABLE  
DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS EN EL  
MUNICIPIO DE LEÓN**

**Anexo Técnicos**

## (ANEXOS TÉCNICOS)

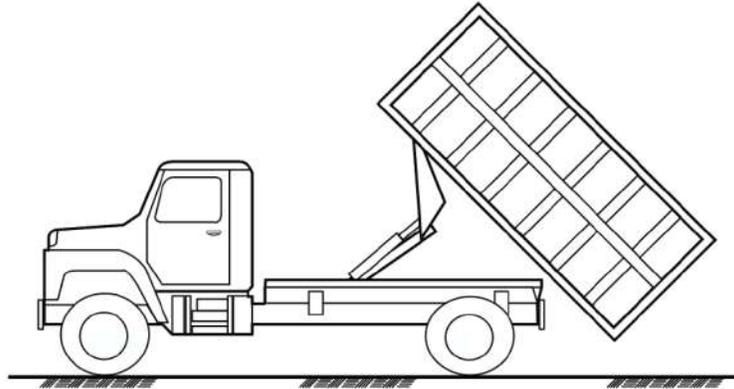
**GESTIÓN IDEALIZADA Y SUSTENTABLE DEL MANEJO  
DE LOS RESIDUOS EN EL MUNICIPIO DE LEÓN**
**1. RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.**

A continuación, se presentan las fichas técnicas de las unidades recolectoras analizadas y evaluadas:

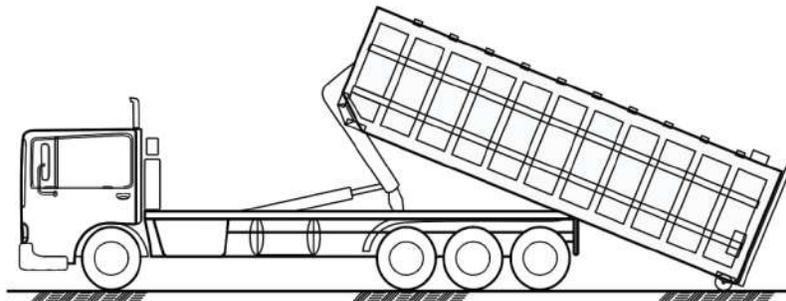


TIPO DE VEHÍCULO	CAMIÓN -C ONTENEDOR DE ARRASTRE
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PROVENIENTES DE COMERCIOS Y SITIOS DE GRAN CONCENTRACIÓN POBLACIONAL
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	3 A 24 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	DE 2 A 4
EQUIPO OPCIONAL	NINGUNO
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	1,000 A 15,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR Y UN AYUDANTE
APLICACIÓN	UNIDADES HABITACIONALES, MERCADOS Y CENTROS COMERCIALES
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	200- 250 Kg./m <sup>3</sup>

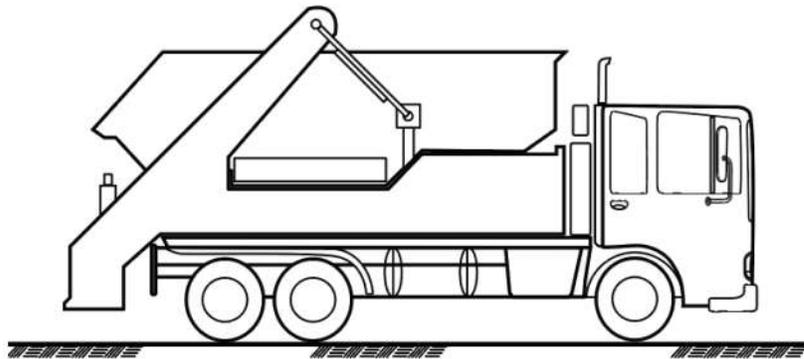
Fuente: Sistemas de Ingeniería y Control Ambiental.



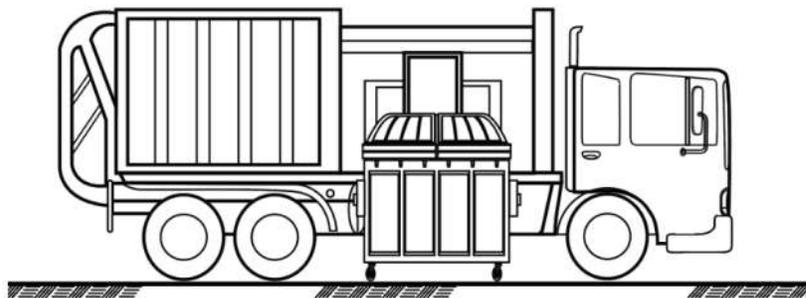
TIPO DE VEHÍCULO	CAMIÓN CONTENEDOR CON GATO HIDRÁULICO
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PROVENIENTES DE COMERCIOS Y SERVICIOS EN GENERAL
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	6 A 24 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	2 Y 3
EQUIPO OPCIONAL	NINGUNO
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	3,000 A 15, 000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR
APLICACIÓN	MERCADOS, CENTROS COMERCIALES, TIANGUIS Y SITIOS DE GRAN GENERACIÓN
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	250- 280 Kg./m <sup>3</sup>



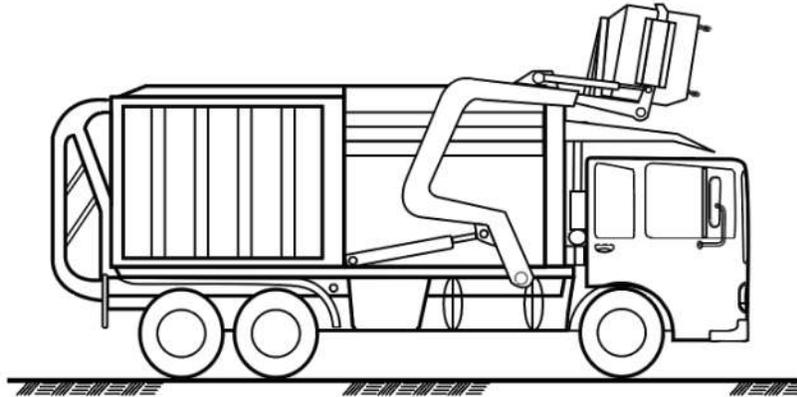
TIPO DE VEHÍCULO	VEHÍCULO ROLL ON, ROLL OFF
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS NO DOMICILIARIOS Y RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	12 A 24 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	3 Y 4
EQUIPO OPCIONAL	SISTEMA DE COMPACTACIÓN
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	8,000 A 15,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR
APLICACIÓN	MERCADOS, CENTROS Y PLAZAS COMERCIALES, CENTROS DE GRAN GENERACIÓN Y ZONAS INDUSTRIALES
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	• 250- 280 Kg. /m <sup>3</sup> Sin sistema de Compactación. • 300- 450 Kg. /m <sup>3</sup> Sin sistema de Compactación.



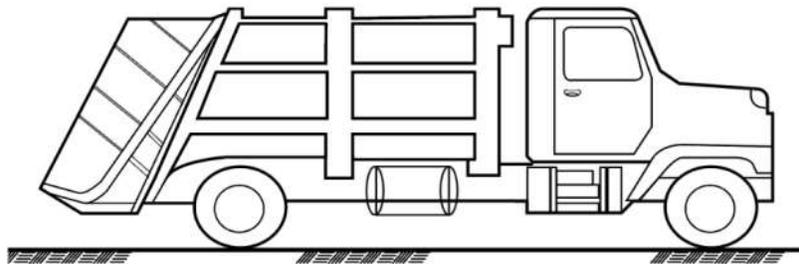
TIPO DE VEHÍCULO	CONTENEDOR DE GRUA (BURRITA)
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL Y DE ORIGEN INDUSTRIAL NO PELIGROSOS
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	12 A 30 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	2 Y 3
EQUIPO OPCIONAL	NINGUNO
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	NO SE RECOMIENDA PARA RECOLECCIÓN DOMICILIARIA
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR
APLICACIÓN	LODOS, ESCORIAS Y RESIDUOS DE ORIGEN INDUSTRIAL NO PELIGROSOS
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	200- 300 Kg./m <sup>3</sup>



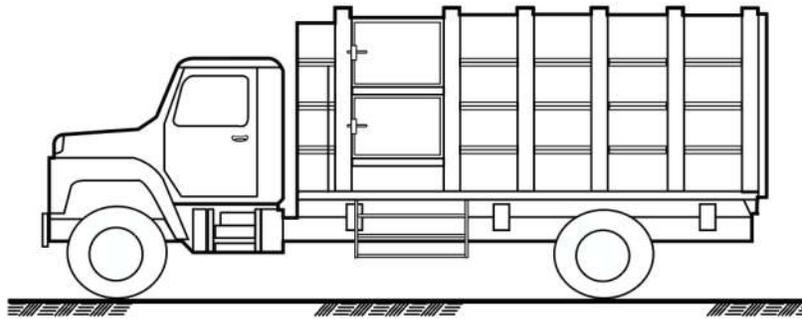
TIPO DE VEHÍCULO	COMPACTADOR DE CARGA LATERAL
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN GENERAL (CASAS -HABITACIÓN Y COMERCIOS)
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	12 A 24 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	2 Y 3
EQUIPO OPCIONAL	MECANISMO PARA CARGA DE CONTENEDORES
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	8,000 A 16,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR Y 2 AYUDANTES
APLICACIÓN	CASAS- HABITACIÓN, UNIDADES HABITACIONALES, MERCADOS Y COMERCIOS.
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	350- 400 Kg./m <sup>3</sup>



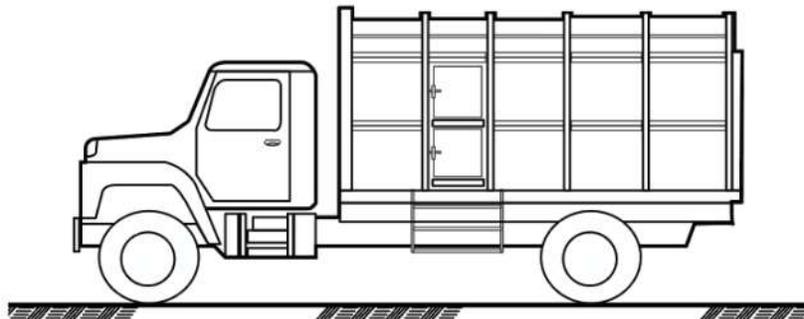
TIPO DE VEHÍCULO	COMPACTADOR DE CARGA FRONTAL
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN GENERAL (CASAS -HABITACIÓN Y COMERCIOS)
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	16 A 30 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	2 Y 3
EQUIPO OPCIONAL	NINGUNO-
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	10,000 -24,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR Y 1 AYUDANTE
APLICACIÓN	COMERCIOS, UNIDADES HABITACIONALES Y SITIOS DE GRAN GENERACIÓN
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	400- 500 Kg./m <sup>3</sup>



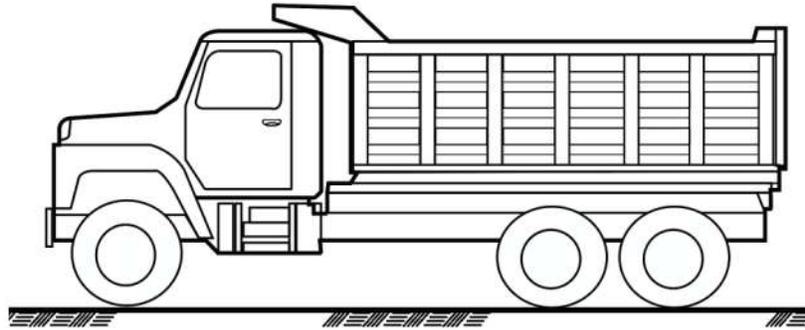
TIPO DE VEHÍCULO	COMPACTADOR DE CARGA TRASERA
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN GENERAL (CASAS -HABITACIÓN Y COMERCIOS)
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	12 A 18 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	2 Y 3
EQUIPO OPCIONAL	MECANISMO PARA CARGA DE CONTENEDORES
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	8,000 A 12,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR Y 2 AYUDANTES
APLICACIÓN	CASAS- HABITACIÓN, UNIDADES HABITACIONALES Y COMERCIOS EN GENERAL
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	400- 450 Kg./m <sup>3</sup>



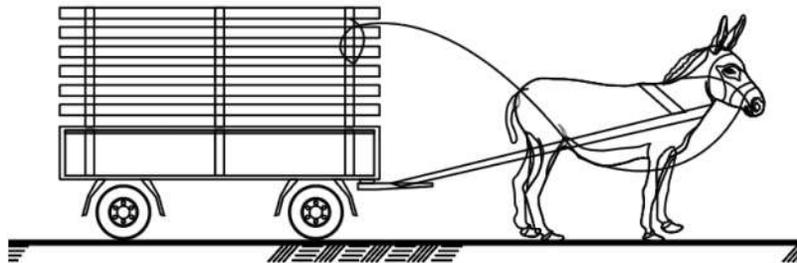
TIPO DE VEHÍCULO	RECOLECTOR DE CARGA LATERAL SIN COMPACTACIÓN
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CASAS-HABITACIÓN
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	10 A 16 m <sup>3</sup>
No. DE EJES 2	
EQUIPO OPCIONAL	-
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	4,000 A 6,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR Y 3 AYUDANTES
APLICACIÓN	ZONAS HABITACIONALES POPULARES
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	250- 300 Kg./m <sup>3</sup>



TIPO DE VEHÍCULO	MINICOMPACTADOR DE CARGA LATERAL
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CASAS-HABITACIÓN
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	4 A 8 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	2
EQUIPO OPCIONAL	NINGUNO-
POBLACIÓN ATENDIDA (HABS.)	3,000 A 6,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR Y 2 AYUDANTES
APLICACIÓN	ZONAS HABITACIONALES POPULARES DE DIFÍCIL ACCESO O CON VIALIDADES ESTRECHAS
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	350- 380 Kg./m <sup>3</sup>



TIPO DE VEHÍCULO	VOLTEO
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CASAS-HABITACIÓN
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	6 A 24 m <sup>3</sup>
No. DE EJES 2	Y 3
EQUIPO OPCIONAL	NINGUNO
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	2,500 A 10,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	OPERADOR Y 3 AYUDANTES
APLICACIÓN	ZONAS HABITACIONALES POPULARES Y MARGINALES
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	250- 280 Kg./m <sup>3</sup>



TIPO DE VEHÍCULO	REMOLQUE UTILITARIO
TIPO DE RESIDUOS	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CASAS-HABITACIÓN
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA	1 A 3 m <sup>3</sup>
No. DE EJES	1
EQUIPO OPCIONAL	PUEDEN SER REMOLCADO POR PERSONAS, ANIMALES DE CARGA Y UNIDADES MOTRICES TALES COMO: TRACTOR AGRÍCOLA, CUATRIMOTOS, ETC.
POBLACIÓN ATENDIDA (HABITANTES)	500 A 1,000
REQUERIMIENTOS DE PERSONAL	VARIOS SEGÚN SEA LA UNIDAD DE ARASTRE
APLICACIÓN	ZONAS HABITACIONALES POPULARES, MARGINALES Y POBLACIONES RURALES.
PESO VOLUMÉTRICO DE LOS RESIDUOS	200- 250 Kg./m <sup>3</sup>

## 2. TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

A continuación, se presentan las tecnologías analizadas:

### Segregación de Subproductos

**PROCESO:** Se debe considerar como un proceso mecánico para la recuperación de materiales presentes en la corriente de residuos. Por lo general en estas instalaciones se realiza la separación de subproductos reciclables, combinándose con dispositivos para la molienda, trituración y compactación de ellos para incrementar su valor comercial; aunque en algunos casos se aplica como una especie de pretratamiento previo, para poder acondicionar ciertas corrientes de residuos, con el fin de darle viabilidad a otros procesos más tecnificados como la incineración, la pirolisis o el composteo.

**OBJETIVO:** Segregar materiales que pueden ser utilizados como materia prima para la elaboración de otros productos y preparar a los residuos para viabilizar otros procesos más tecnificados. Las instalaciones más utilizadas en la actualidad, son aquellas que emplean separación manual, además de separación magnética para los metales féreos. En algunos casos, estas plantas cumplen una doble función, empleándose también como centro de acopio de materiales reciclables o estaciones de transferencia.

VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
Reduce la demanda de materia prima virgen	Porcentajes de recuperación muy bajos, así como elevados costos de inversión, pero sobre todo de operación.
Reduce el volumen total de residuos que va a disposición final	Requiere de un mercado estable para los materiales recuperados.
Crea nuevas fuentes de trabajo	Potenciales impactos locales por ruido y por actividades clandestinas periféricas.

Inversión total.  
3 a 6 millones de dólares.

Costos de inversión por tonelada.  
6,000 a 20,000 dólares.

Costo por tonelada  
procesada  
7.00 a 20.00 dólares.

### Digestión Aerobia (Composteo)

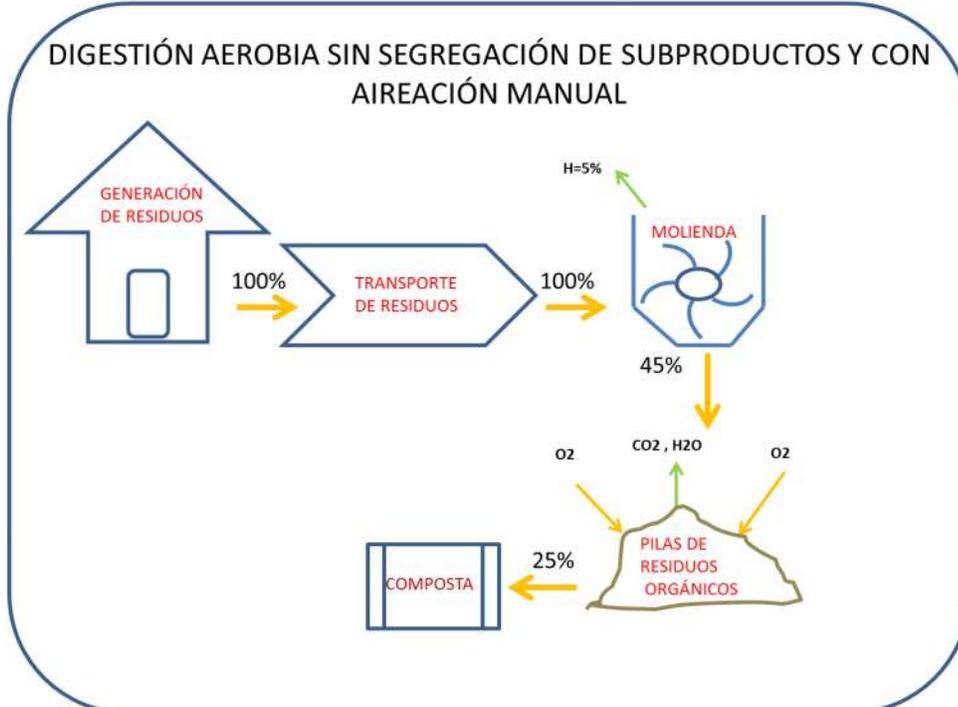
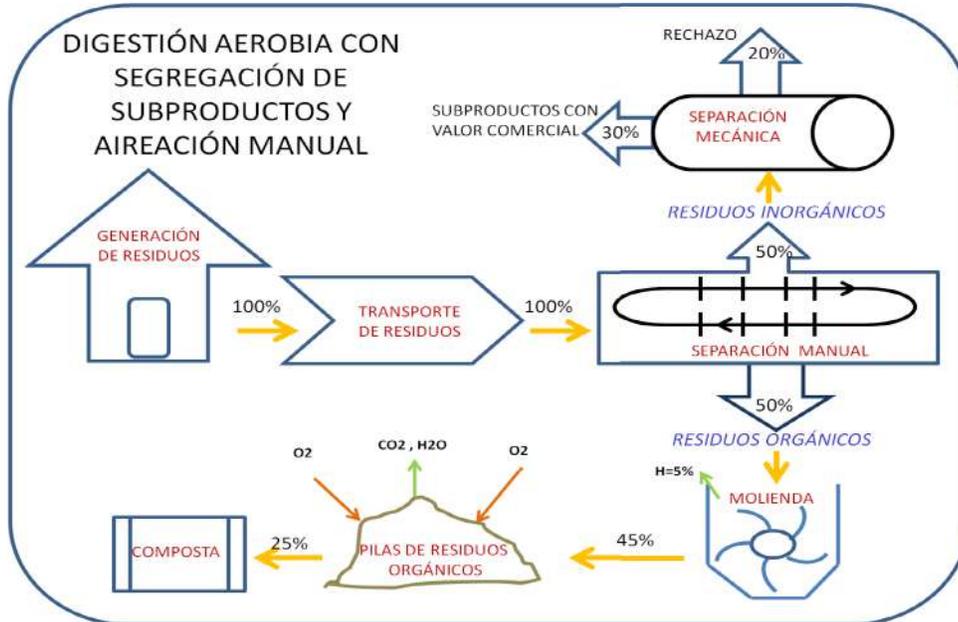
**PROCESO:** Bioquímico y también mecánico cuando la fracción orgánica no es separada previamente.

**OBJETIVO:** Canalizar la fracción orgánica presente en los residuos, hacia un proceso de descomposición aeróbica, obteniéndose un material estable semejante al humus, que puede ser utilizado como mejorador de suelos. Este proceso, también puede realizarse en condiciones anaerobias.

VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
Permite la reutilización de la fracción orgánica presente en los residuos .	Potenciales problemas de generación de olores y líquidos percolados con alta carga orgánica.
El proceso genera un producto que permite acondicionar los suelos.	El proceso es sensible a la presencia de materiales como plásticos y metales, por lo que es necesaria una separación casi quirúrgica de la fracción orgánica.
Potencial transformación de suelos estériles (arcillosos, arenosos), en suelos productivos.	Las Instalaciones a gran escala tienen altos costos de capital.

Costos de inversión por tonelada.  
20,000 a 40,000 dólares.

Costo por tonelada procesada  
20.00 a 40.00 dólares.



Fuente: Sistemas de Ingeniería y Control Ambiental.

### Metanización Controlada

**PROCESO:** Bioquímico y también mecánico cuando la fracción orgánica no es separada previamente.

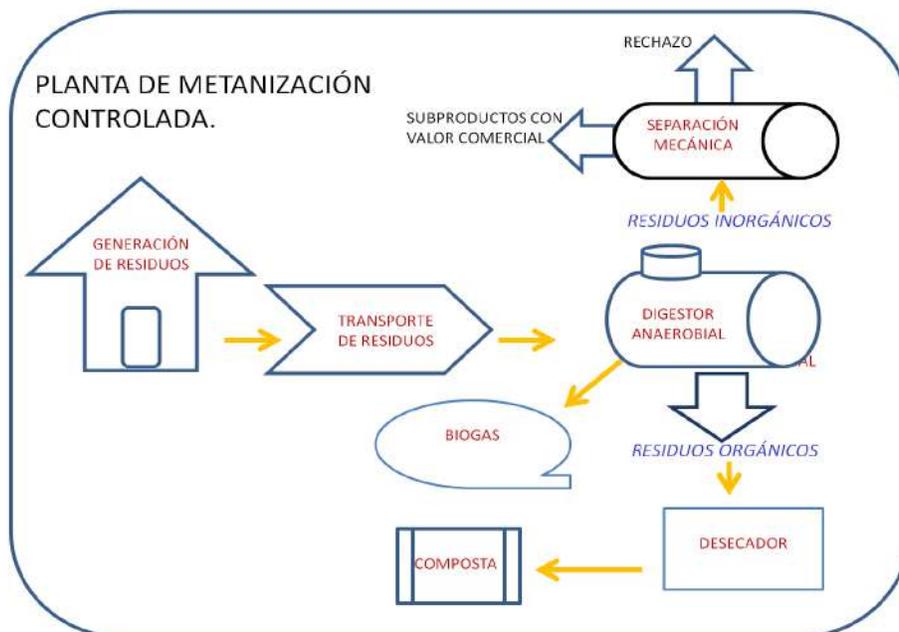
**OBJETIVO:** La finalidad de este tipo de instalaciones, es llevar a cabo la estabilización controlada de la fracción orgánica contenida en los residuos, obteniendo como resultado del proceso un lodo digerido que puede ser utilizado como acondicionador agrícola, en tanto que la cantidad de biogás producido puede ser empleado con fines energéticos.

VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
Reducen el volumen de residuos que va a disposición final	Sólo procesa residuos orgánicos
Requiere poco espacio Instalación cerrada que genera pocos olores e impactos locales mínimos	Residuales potencialmente contaminantes
Se puede producir energía a partir del metano	Tecnología que demanda inversiones elevadas y costos de operación altos

Inversión total.  
37 millones de dólares.

Costos de inversión por tonelada.  
300,000 a 400,000 dólares.

Costo por tonelada procesada  
100 a 120.00 dólares.



Fuente: Sistemas de Ingeniería y Control Ambiental.

**Incineración**

**PROCESO:** Tratamiento térmico y también mecánico cuando es necesario acondicionar los residuos, antes de la combustión.

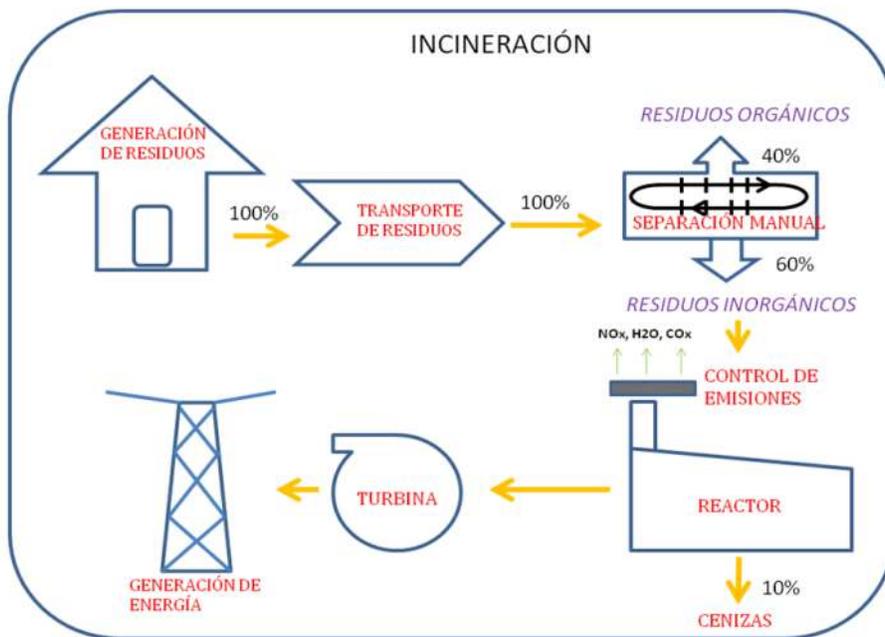
**OBJETIVO:** Procesar todo tipo de materiales contenidos en los residuos sólidos urbanos, a elevadas temperaturas y en presencia de oxígeno, logrando de este modo la oxidación de los compuestos y elementos combustibles presentes, con lo que se disminuye el volumen de los residuos, pudiendo eventualmente generarse energía eléctrica, mediante el aprovechamiento del calor o el vapor producido por el proceso.

VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
Reduce el peso y volumen de los residuos (aprox. 90% en volumen)	Altos costos de Capital
La reducción de los residuos es inmediata	Algunos materiales requieren un secado previo para ser incinerados, como son los residuos orgánicos.
Es posible generar energía en forma de calor, agua caliente o electricidad.	Emissiones de contaminantes al aire que deben ser controlados.

Inversión total.  
60 a 120 millones de dólares.

Costos de inversión por tonelada.  
125,000 a 160,000 dólares.

Costo por tonelada procesada  
50.00 a 125.00 dólares.



Fuente: Sistemas de Ingeniería y Control Ambiental.

### Pirólisis

**PROCESO:** Tratamiento termoquímico y mecánico, ya que es indispensable segregar los subproductos con bajo contenido de material carbonaceo, así como para el acondicionamiento previo de la fracción segregada a procesar.

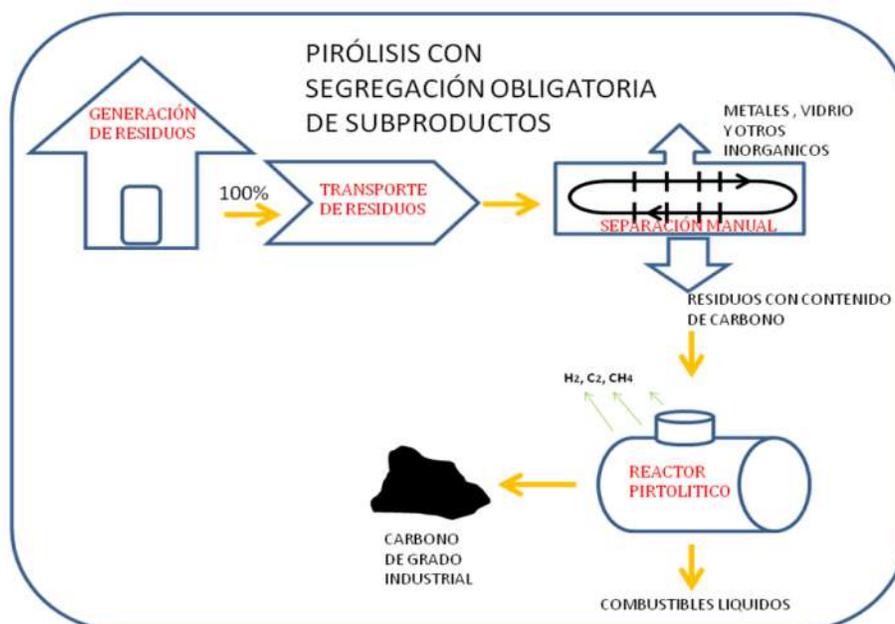
**OBJETIVO:** Aprovechar el material carbonaceo presente en los residuos, para que, mediante una serie de complejas reacciones químicas, que se inician cuando en ausencia de oxígeno, un material es calentado (entre 400°C – 800°C), para producir una mezcla de vapor (condensable o no condensable), líquidos y residuales sólidos. El calor destruye las moléculas del residuo, convirtiéndolo en líquidos y/o gases, que pueden ser usados como combustibles.

VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
Potencial uso de los residuos para generar combustibles y energía eléctrica .	Cenizas que pueden presentar potenciales características de residuo peligroso.
Disminución de la cantidad de residuos que van al relleno sanitario.	Tecnología no desarrollada plenamente para residuos sólidos urbanos heterogéneos.
Utilización del residual sólido, como material de construcción.	Es necesario el acondicionamiento previo de los residuos, para crear una mezcla de materiales lo más homogéneo posible.

Inversión total.  
70 a 120 millones de dólares.

Costos de inversión por tonelada.  
140,000 a 180,000 dólares.

Costo por tonelada procesada  
50.00 a 80.00 dólares.



Fuente: Sistemas de Ingeniería y Control Ambiental.

**Gasificación**

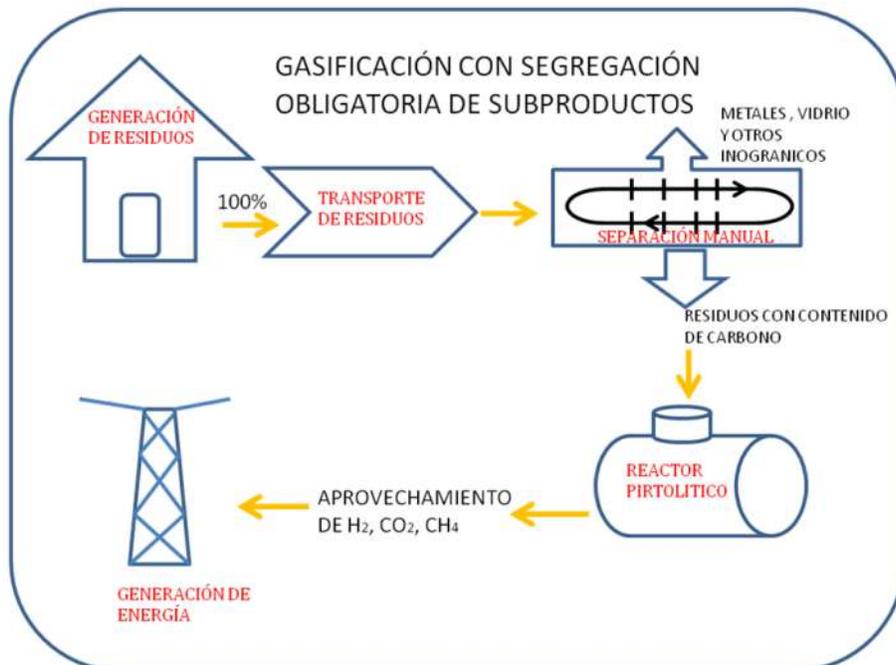
**PROCESO:** Conversión termoquímica con procesos mecánicos, puesto que al igual que la Pirólisis, es indispensable segregar los subproductos no aprovechables con un bajo contenido de material carbonaceo; además de que previamente se requiere acondicionar el material seleccionado para el proceso, triturándolo hasta alcanzar un tamaño determinado.

**OBJETIVO:** Aprovechar la fracción orgánica presente en los residuos, haciéndola reaccionar para producir un gas combustible. El gas puede ser limpiado o quemado en un motor a gas o una turbina; o también puede ser usado en calderas para generar vapor y a su vez producir electricidad.

VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
Generación de un gas combustible (syngás) y alcohol combustible (etanol), con los que se puede producir energía.	El gas producido debe ser tratado para remover los contaminantes antes de ser combustionado.
Disminución de la cantidad de residuos que van al relleno sanitario.	Proceso con un alto consumo de agua (unidades de enfriamiento)
	Costos de Inversión Elevados

Costos de inversión por tonelada.  
160,000 a 250,000 dólares.

Costo por tonelada procesada  
40.00 a 85.00 dólares.



Fuente: Sistemas de Ingeniería y Control Ambiental.

## Rellenos Sanitarios

**PROCESO:** Bioquímico anaerobio esencialmente, que puede combinarse con procesos mecánicos para la segregación de subproductos, reducción de tamaño y compactación de los materiales; así como procesos de composteo aerobios y anaerobios.

**OBJETIVO:** Confinar cualesquiera de las diferentes corrientes que integran los residuos sólidos urbanos, en forma segura y práctica; empleando procedimientos de ingeniería y equipos mecanizados, con el fin de evitar daños al ambiente y a la salud pública.

**TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS:** Los rellenos sanitarios pueden clasificarse de acuerdo a varios conceptos; sin embargo, el criterio más idóneo es según las condiciones en que se llevan a cabo los procesos de degradación al interior de las celdas de basura. En ese sentido, aun cuando puede haber diferentes criterios para clasificar a los rellenos sanitarios, por su sustentabilidad, los rellenos sanitarios, se pueden clasificar según las siguientes opciones:

- Relleno Sanitario Tradicional
- Relleno Sanitario de Alta Compactación
- Relleno Sanitario Acelerado (Biorrelleno Metanogénico).

Otra categoría importante dentro de los rellenos sanitarios son los “Rellenos Sanitarios Manuales”. Estos rellenos son operados exclusivamente por fuerza humana, aunque ocasionalmente puede intervenir maquinaria para apoyar la construcción de obras mayores, como por ejemplo abertura de zanjas. Se asume que funcionan con 2 operarios en el sitio, para atender una población de hasta 10,000 habitantes, aunque también se sostiene que estos rellenos pue-

VENTAJAS.	DESVENTAJAS.
Aplicación de procedimientos ingenieriles, prácticos y de costos reducidos	Potenciales problemas de contaminación, cuando no se opera correctamente .
Se logra la recuperación de terrenos ociosos, para ser transformados en sitios aptos para parques, campos deportivos y zonas recreacionales.	Permite el acceso de segregadores urbanos, que pueden interferir los procesos funcionales y elevar los costos de operación .
Potencial recuperación de metano para producir energía	Requiere importantes áreas de terreno

Costos de inversión por tonelada.  
3,000 a 15,000 dólares.

Costo por tonelada procesada  
8.00 a 15.00 dólares.



Fuente: Sistemas de Ingeniería y Control Ambiental.

# PPGIRS

Programa para la Prevención  
y Gestión Integral de Residuos  
Sólidos en el Municipio de León, Gto.

asecopúblico

LEÓN | UN GRAN SERVICIO PARA  
UNA GRAN CIUDAD

León  
Ciudad  
de Primera