

**“PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA
LA REGIÓN CONSORCIO CAPITAL (Provincia de BUENOS AIRES, R.
ARGENTINA)”**

FASE 1: FORMULACIÓN DEL PLAN

INFORME FINAL

ANEXO I: GUÍA DE TECNOLOGÍAS

**PARTE I:
CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LOS RSU DE ACUERDO A SUS
PROPIEDADES PREVIO AL DISEÑO DEL PROYECTO**

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso específico	Contenido de humedad
Tamaño de partículas	Capacidad de campo

Peso específico: Se debe especificar las condiciones en que se determina la densidad o peso específico (RSU compresibles), por la influencia en las capacidades de recolección y de tratamiento.

Varía en función de distintos factores:

- características de la zona de producción
- estación del año

Los valores de los RSU recogidos en contenedores varía entre 0.1 y 0.3 kg/L, por la heterogeneidad. Los valores más bajos corresponden a zonas de nivel social más alto o a las zonas comerciales.

Al emplear vehículos de compresión (compactación **3:1**), la densidad aumenta a aproximadamente 0.6 kg/L.

Humedad: Varía de acuerdo al lugar geográfico y época del año entre el 25 y 60%.

Factores que influyen en la humedad: naturaleza de los residuos (contenido en materia orgánica), clima, forma en que se presentan, procedencia.

Poder calorífico Inferior: Importante si se tratarán los RSU por incineración por el dimensionamiento de hornos.

Factores que definen el PCI: humedad, materiales combustibles e inertes, dada la evolución creciente del PCI debido a presencia de plásticos.

PROPIEDADES QUÍMICAS

Análisis inmediato:	Humedad	Carbono fijo
Volátiles	Cenizas	Poder Calorífico
Análisis elemental:	C, N, H, O, S, Cl, inertes, etc.	
Análisis biológico:	Constituyentes solubles en agua: Celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, carbohidratos.	

COMPOSICIÓN PORCENTUAL PROMEDIO EN PESO DE LOS CONSTITUYENTES

Papel y cartón	Plásticos	Madera	Cuero y textiles
Vidrio	Metal	Materia orgánica	etc.

ETAPAS Informe Final

RECUPERACIÓN: propuestas y alternativas dentro de las normas legales vigentes

- Recogida selectiva
- Directiva envases y embalajes
- Reciclaje
- Recuperación energética y compuestos:
 - * Compostaje anaerobio
 - * Pirólisis
 - * Gasificación
 - * Incineración
 - * Compostaje aerobio

ELIMINACIÓN: propuestas y alternativas dentro de las normas legales vigentes

- Normas emisiones de incineración
- Regulación vertederos o rellenos sanitarios
- Responsabilidad vertederos abandonados

TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: propuestas y alternativas dentro de las normas legales vigentes

- Tratamientos “preliminares”. Tecnologías de procesamiento y separación de materiales.
- Tecnologías de conversión térmica
- Sistemas de transformación biológica
- Métodos de conversión química
- Disposición final de RS

PARTE II:
GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA LA REGIÓN CONSORCIO CAPITAL
GUÍA DE SISTEMAS y TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
1. Reciclaje y reuso de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Cinta transportadora (Banda sin fin) • Electroimanes, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vidrios. • Plásticos • Metales. • Papel. 		
2. Reducción en el origen	Reducción de tamaño. <ul style="list-style-type: none"> • trituradores • molinos. • peletizadoras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vidrios. • Plásticos • Metales. • Papel. • Materia orgánica • Proceso auxiliar (compost, disposición final o proceso térmico) 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita el control en procesos térmicos • Favorece la descomposición bioquímica. • Disminuye los residuos putrescibles • Disminuye las frecuencias de recolección. • Favorece la consolidación y estabilidad mecánica de rellenos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Genera problemas al ambiente y a la salud pública. • Adecuación y ampliación de la red de aguas residuales, • Altos costos, de adecuación.
En todos los casos debe Incluirse los costos en Educación, Promoción, Motivación además de los equipos En EEUU y Canadá existen trituradores domésticos				

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
3. Separación o clasificación por tamaño	Centros de Separación <ul style="list-style-type: none"> • Parrillas (fijas, móviles,) • de rodillos, • cribas giratorias (tromeles) • cribas vibratorias; • Por vía seca o vía húmeda 	Todo RSU reciclable o reusable	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye los costos de mano de obra. • Permite su uso en áreas metropolitanas, donde se dificultan más los programas de separación en la fuente. • Facilita el manejo de los equipos. • Facilita la acción térmica o biológica en un proceso posterior de tratamiento o conversión de residuos. • Uso futuro del residuo con mayor eficiencia económica • Alternativa para incrementar la reinserción laboral 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere poca mano de obra .como complemento del proceso., que puede constituir en una desventaja. • Pueden generarse problemas de salud pública. debiendo mantener las condiciones de higiene y salubridad de las instalaciones
4. Separación por densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Cintas transportadoras. • Clasificadores neumáticos. • Separadores inertes • Flotación y separación de medios densos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Separación todo tipo de RSU 	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento Eficiente • Costos reducidos en mano de obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de adquisición, operación y mantenimiento. • Requiere control adicional de efluentes líquidos ,para flotación, • Requiere trituración o fragmentación previa, con mayores costos.

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
5. Separación por campo electromagnético	<ul style="list-style-type: none"> • tambor magnético • separadores electrostáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • separar metales férricos de no férricos. • separar plásticos de papeles y vidrio de metales triturados 	<ul style="list-style-type: none"> • Son eficaces • Costo reducido en mano de obra 	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomiendan ensayos con plantas piloto. • Altos costos de energía, (Kwh.), mantenimiento, operación compleja, ruidos y emisiones atmosféricas. • No aplica para RSU de material orgánico. •
6. Compactación.	<ul style="list-style-type: none"> • compactadora manual • prensas embaladoras de diferentes tipos (verticales y horizontales) • compactadoras estacionarias, máquinas de empaque • máquinas de peletización 	<ul style="list-style-type: none"> • papel, • cartón, • plástico, • latas de aluminio, 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor espacio para el asentamiento de organismos vectores capaces de transmitir enfermedades • Disminuye los costos en la recolección y transporte de los residuos. • Incrementa la vida útil de rellenos sanitarios y reduce costos en la incineración. • Ahorra espacio en Centros de separación y recuperación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos en energía (Kw./ h), mantenimiento, complejidad de operación, ruidos y olores • Daño de equipos en los RSU mezclados, • Generación de lixiviados.

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
7. Manejo mecánico de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • cintas transportadoras • equipo móvil (palas frontales y elevadoras) 	<ul style="list-style-type: none"> • RSU no seleccionados • Materiales reciclados /reciclables 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad en el diseño. • Recuperación rápida de desperdicios, • Ahorro de materias primas. • Ahorro de energía por utilizar materia secundaria, • Ahorro de agua, • Ahorro de espacio en los rellenos sanitarios, 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de operación y mantenimiento • Requiere mayor espacio para su operación
8. Separación y procesamiento en instalaciones centralizadas	<ul style="list-style-type: none"> • Molinos. • Clasificadores, • Tamices • Bandas de separación magnética, • Cintas transportadoras 	<ul style="list-style-type: none"> • RSU mezclados 	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorrar costos de mano de obra • No requiere separación en la fuente. • Es cómodo para los usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de procesamiento • Bajo requerimiento de mano de obra • Estos RSU, contienen residuos peligrosos • Requieren manejos especiales.

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
9.1 Incineración	<ul style="list-style-type: none"> • Incinerador de Inyección líquida • Hornos de base fija • Hornos de lecho fluidizado. • Hornos rotatorios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Todo tipo de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de volumen en 90% del original. • Recuperación de energía calórica. • No necesitan combustible auxiliar excepto al inicio. • Ocupa espacios reducidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Restricciones en cuanto a su localización, según la normativa ambiental. • El Plan de Implementación Nacional Convenio de Estocolmo "sugiere promover la prohibición de la incineración como tecnología de tratamiento y disposición final de este tipo de residuos, incluyendo la utilización de éstos como insumo para la producción de energía. • Requiere controles estrictos de emisiones gaseosas, residuos líquidos ,partículas finas tóxicas y cenizas • Altos costos
<p>En Brasil, San Pablo, Dos plantas de incineración, compostaje y reciclaje, con capacidad de 2.500 toneladas por día, cada planta. Estados Unidos y Japón son los países donde la incineración es el método más utilizado para el tratamiento final</p>				

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
9.2. Pirólisis y degasificación	<ul style="list-style-type: none"> • prensa de alta capacidad. • reactor de alta temperatura • planta de producción de oxígeno, • reactor de homogenización, • sistema de enfriamiento rápido • lavador para los gases sintéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • todo tipo de residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de todo tipo de residuos: domésticos, industriales y tóxicos • No produce emisiones gaseosas contaminantes, ni cenizas o partículas volátiles. • Los residuos sólidos del proceso no necesitan disposición final, ya que pueden ser reutilizados constituyéndose en una fuente de ingresos. • El gas sintético producido también se puede utilizar en múltiples aplicaciones. • Es el método térmico convencional que presenta más ventajas en términos de desarrollo tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología conocida y disponible. • Mayor cantidad de residuos finales que en incineración. • -incluye equipamiento especializados • Requiere separación previa de residuos peligrosos como metales, pilas y baterías entre otros. • Altas temperaturas de operación que requieren materiales especiales • Costo mayor que una planta de incineración convencional.

OBSERVACIONES : Gendarmería Nacional de Argentina , horno pirolítico (drogas)
El Chaltén, Planta de tratamiento de residuos sólidos domiciliarios

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
<p>9.3 Termólisis (Fusión) valoración energética de los residuos sólidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las instalaciones modulares. • Compactador. • Canal de extracción de gases y proceso de calentamiento a temperaturas que alcanzan los 2000° C. • Recuperador de sales industriales, azufre y agua pura., en etapas múltiples ,de limpieza del gas de síntesis • Depósito de residuos. • Planta de purificación de aguas del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • todo tipo de residuos urbanos e industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> • El gas puede ser utilizado para generar energía. y los productos pueden ser reutilizados en la industria • Eficiencia con 1 tn. de basura se obtienen más de 400 Kw. • No genera emisiones tóxicas ni olores ni ruido. • Requiere poco espacio y Menor costo de tratamiento por tonelada en comparación con otros sistemas conocidos • Los valores de emisión de dioxinas, furanos y metales pesados, serían inferiores a los límites especificados por las leyes internacionales , • Baja generación de cenizas, escorias o polvos de filtración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevados costos de adquisición y mantenimiento. • Genera dependencia tecnológica ya que es una tecnología patentada.
<p>OBSERVACIONES : Alemania, Japón, Italia, Suiza y Corea</p>				

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
<p>10. Gasificación.</p> <p>Se obtiene gas combustible de bajo poder calorífico entre 5.000 y 5.800 KJ/kg. (1.200-1.400 Kcal./kg.).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Complejo : • gasificadores de lecho fijo vertical • de lecho fluidizado. • Filtros 	<ul style="list-style-type: none"> • Confiable para residuos orgánicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produce energía limpia, renovable, almacenable y transportable sin emisión de gases durante el proceso. • Los componentes inorgánicos, como metales pesados no se volatilizan, quedan retenidos en las cenizas. • Las dioxinas y furanos, difícilmente sintetizados por la falta de oxígeno, se destruyen debido a la larga permanencia de estos gases en el reactor y la temperatura existente. • El gas generado filtrado con eliminación de olores, • Reducción de escorias vitrificadas, comparadas con un proceso de incineración. • Factible introducción de aditivos para corregir las emisiones y neutralizar contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los costos y lo selectivo del material a ser procesado son la mayor dificultad de la tecnología. • Requiere una buena selección del material orgánico a ser procesado • La aplicación está limitada a residuos sólidos no peligrosos

OBSERVACIONES Reino Unido, Brasil, España Finlandia, Algunas de las plantas comerciales del Reino Unido son de este tipo y suplen los sistemas de calefacción de algunos distritos o incluso suplen la calefacción y la electricidad en lugares como hospitales.

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
11.Tratamiento Integral (En Masa).	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas integrales Modalidad "llave en mano". • Incluye los procesos de: - separación, y -segregación de la materia inerte • prensa para extrusión (o moldeo) de la fracción orgánica • Horno de incineración con generación de energía. • Caldera de vapor y una turbina generadora de electricidad • Salida del sistema en forma de compost de la mat. orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> • RSU mixtos en masa (todo-uno) 	<ul style="list-style-type: none"> • Incluye el tratamiento de todos los residuos sólidos en un mismo sistema dentro del concepto de valorización. • Genera energía proveniente del material combustible de "rechazo" del sistema, que puede ser aprovechable en calderas. • Produce compost como mejorador de suelos. • Prácticamente no se producen lixiviados, ni emisiones gaseosas. 	<ul style="list-style-type: none"> • La principal desventaja está relacionada con los altos costos de la tecnología. • Genera dependencia tecnológica por ser una tecnología patentada
<p>OBSERVACIONES - en varios estados de los EE.UU. para alcanzar metas de desviación de residuos fijadas por la ley.</p>				

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
12. Compostaje aerobio y lombricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologías alternativas : • Método Windrow: la aireación se logra por medios naturales y volteos periódicos de las pilas) • Método de aireación forzada a través de un soplador. • Puede incluir: • Trituradoras, • equipo cribas y tamices, separadores, • pala frontales, • cintas transportadoras, • equipo y suministro generales y herramienta menor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos de jardín, • RSU de separación. • RSU orgánicos no seleccionados. • Compostaje conjunto con lodos de aguas residuales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transformación los residuos orgánicos y se operan de forma manual. • Sistema económicamente viable. • Recuperador de suelos de forma natural. • Promoción de agricultura orgánica que reduce el uso de agroquímicos. • Aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios menor cantidad y una menor producción de lixiviados • Acepta variaciones apreciables en la operación. • Permite reducir el volumen y gastos de transporte si se ha de utilizar en residuos sólidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita control de vectores (moscas, insectos, roedores) y olores desagradables. • Requiere de controles adecuados de factores físico-químicos y una buena pre-selección del material proveniente de RSU. • Requiere personal especialmente entrenado.
<p>OBSERVACIONES - EEUU y Brasil (Río de Janeiro, Sao Paulo), México y Colombia (Cali), entre otros. En España, las basuras urbanas que se tratan en las plantas de compostaje llegan a 11% de todos los RSU españoles.</p>				

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
13-Biodigestión	<ul style="list-style-type: none"> • Reactor aeróbico para separación de los componentes orgánicos • Sistema de filtro prensa. para separación de los sólidos y líquidos . • Sistema de tratamiento de compuestos sólidos para la producción de abonos. • Reactor anaeróbico. para producción de biogás • Tanque de almacenamiento de gas • Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales. (reutilizada en el reactor aeróbico) 	<ul style="list-style-type: none"> • residuos sólidos orgánicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso natural. • -Compost como producto aplicable para agricultura orgánica. • El biogás producido es una alternativa energética (uso como combustible para calderas y hornos, motores de combustión, plantas termoeléctricas y combustible para vehículos.) • Con relación a un relleno sanitario:- <ul style="list-style-type: none"> • disminuye la generación de olores, • reduce el efecto invernadero ,disminuye los índices de contaminación hídrica. • Reduce sustancialmente los costos de operación • incrementa su vida útil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Largo período del proceso de tratamientos de los residuos que limita la capacidad de tratamiento de las plantas. • Requiere separación previa de los residuos domésticos, y un sistema de transporte independiente.
OBSERVACIONES - Dinamarca, Francia, Finlandia, Austria, Haití, La India, Nepal y otros. Existen experiencias locales a pequeña escala				

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
<p>14-Transformación Química</p> <p>Técnicas de pretratamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Variable dependiendo del método y tipo de residuos, • Existen equipos móviles para instalar de forma temporal con el fin de deshidratar y estabilizar los efluentes de plantas de tratamiento. • Para la desinfección de residuos: <ul style="list-style-type: none"> • ,autoclave fijo de vapor a alta temperatura • autoclave móvil • los microondas • los desinfectantes químicos 	<ul style="list-style-type: none"> • -Procesos industriales, de inertización de productos peligrosos. • -Desinfección de residuos • Residuos hospitalarios o biomédicos 0 veterinarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la peligrosidad de los residuos. • Facilita el manejo de residuos semisólidos y lodos de plantas de tratamiento. • Equipo móvil versátil , permite la deshidratación en lugares de difícil acceso o espacio reducido. • La desinfección convierte los residuos contaminados en asimilables a RSU a través de la destrucción de los patógenos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los métodos son específicos para determinados residuos o compuestos. • En caso de mezclas Su aplicación debe estar precedida de pruebas piloto. • Algunos métodos, pueden implicar elevados costos. • Cuidado en la manipulación previa debido a las características de peligrosidad de algunos residuos

Tecnología	Equipamiento	Tipo de Residuo	Ventajas	Desventajas
15. Disposición Final Controlada	<ul style="list-style-type: none"> • Volquetes. • Cargadores, • retroexcavadoras. • camión de recolección, • Tractor sobre oruga, • trituradora-compactadora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos de tipo urbano, industrial o peligrosa, con precauciones relativas al tratamiento y diseño inherentes a la naturaleza de los residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Método económico de disposición. • Puede recibir todo tipo de residuos a excepción de los peligrosos que se deben disponer en rellenos de seguridad. • Dimensionamiento flexible; • Puede ser usado luego de su cierre con las restricciones de radicación o instalación que fije cada Municipio (No apto para cultivos de comestibles , ni radicación urbana , entre otras .) 	<ul style="list-style-type: none"> • Escasa disponibilidad de tierras aptas • El manejo inadecuado puede causar un basural a cielo abierto. • Oposición pública. • Requerirá monitoreo permanente • El metano, y otros gases de la descomposición de los residuos pueden convertirse en un peligro o molestia e interferir con el uso del relleno sanitario terminado. • Emisiones de lixiviados, de olores, incremento y obstrucción del tránsito, deterioro del paisaje,
<p>OBSERVACIONES - Los países desarrollados disponen en estos rellenos cerca de 80% de los residuos recolectados, En América Latina, aún cuando estas cifras son menores, también es el método más empleado.</p>				

PARTE III: CENTROS DE RECUPERACIÓN SEPARACIÓN Y ACOPIO (CRSA) O CENTROS DE RECUPERACIÓN MUNICIPAL (CRUM)

Instalaciones:

Un CRUM desarrollado para procesar residuos separados en origen puede considerarse como una **extensión del programa de reciclaje**.

El rendimiento de un programa de reciclaje generalmente se presenta como una **tasa de recuperación de materiales o tasa de reciclaje**, que es el producto de tres factores: Factor de composición, Factor de recuperación y Factor de participación

Factor de composición = Fracción del componente de residuos en la totalidad de residuos

Factor de recuperación = Fracción del material recuperado mediante una operación básica o programa de reciclaje

Factor de participación = Fracción del público que participa en un programa de reciclaje

Cuando en la separación se utilizan equipos, los factores o porcentajes de recuperación vienen dados por los fabricantes o por experiencias prácticas.

Es posible anticipar los factores de recuperación para los materiales reciclables de la región, si se cuenta con programas previos de reciclaje con separación en el origen.

Criterios de diseño: Uno de los elementos más importantes en el diseño y la selección del equipamiento para el CRUM es la preparación para **un balance de masas** para determinar las cantidades de materiales que se pueden recuperar:

Acumulación = Entrada – Salida + Generación

Las **tasas de carga** apropiadas para las operaciones básicas utilizadas en el CRUM se calculan a partir de los datos obtenidos en el balance de masas.

Los materiales que son separados en el origen se expresan en **ton/día**. Las operaciones básicas, como las realizadas con transportadoras o cribas, deben especificarse en **ton/h**; para tener en cuenta los tiempos muertos la tasa de carga debe incrementarse entre 10 y 15 %.

Para considerar la tasa en **ton/h** debe tenerse en cuenta la jornada **laboral efectiva** (jornada reducida de 6 horas/día o las fijadas para cada tarea, en cumplimiento con las Normativas Laborales Vigentes para cada tipo de actividad: tareas insalubres, riesgosas, etc. y las consideraciones especiales sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo).

PARTE IV:
GUÍA RÁPIDA DE TRATAMIENTOS PRELIMINARES
TECNOLOGÍAS DE PROCESAMIENTO Y SEPARACIÓN DE MATERIALES

Métodos	Aplicaciones típicas
Reducción de tamaño	Trituración de los RS no seleccionados, materiales reciclados y procesamiento de residuos de jardín
Separación por tamaño	Selección por tamaño de residuos de jardín triturados, separación de residuos sólido antes de su trituración, separación de vidrios de los residuos triturados Implica la separación de una mezcla de materiales en dos o más porciones mediante el uso de una o más superficies de criba, que se utilizan como tamaños de selección.
Separación por densidad	Preparación de combustibles derivados de residuos (CDR), procesamiento de residuos no seleccionados, procesamiento de escombros de construcción. Se obtienen dos componentes principales a partir de RS triturados: la fracción ligera (papel, plásticos, orgánicos) y la pesada (metales, maderas y otros materiales inorgánicos que son relativamente densos)
Separación por campo eléctrico y magnético	Separación de plásticos y papel, separación de materiales féreos y no féreos
Densificación (Compactación)	Utilización del embalaje para cartón, papel, plásticos y latas de aluminio, producción de CDR densificado Es una operación básica que incrementa la densidad de los materiales residuales para almacenarlos y transportarlos más eficazmente
Manejo mecánico de materiales	Transportadores para el traslado de RS y materiales recuperados, contenedores de almacenamiento para los materiales recuperados

▪ **Reducción de tamaño:**

Equipos

- ✓ **Molino de martillo.** Muy efectivo con materiales frágiles, es un dispositivo de impacto en el que se acoplan flexiblemente un número de martillos a un eje o disco central que gira a altas velocidades (700 a 1200 rpm).
- ✓ **Trituradora cortante.-** Uso muy extendido para el procesamiento de residuos de jardín, operan con una acción tijera en la que dos cuchillas girando en sentidos opuestos cortan los residuos, son de baja velocidad (60 - 120 rpm).
- ✓ **Cuba trituradora.-** Es esencialmente un molino de martillos móvil que se puede llevar al lugar de producción de los residuos, se han utilizado para recortes de árboles, tocones de árboles y residuos de construcción. Algunos modelos llevan una grúa acoplada que se utiliza para su carga.
- ✓ **Características del rendimiento:** Los molinos no producen materiales de tamaño uniforme. Materiales frágiles como el vidrio, la arena y la roca dan lugar a proporciones más altas de partículas finas que los materiales dúctiles como metales féreos y no féreos.

- ✓ **Criterios de diseño:** se basa en la carga en bruto de residuos (ton/h) y en la energía consumida. El diseño del equipo Los fabricantes de equipos trituradores ofrecen la energía para distintos niveles de producción.

- **Separación por tamaño :**

Equipos

- ✓ **Cribas vibratorias.-** Se utilizan para separar materiales relativamente secos como vidrio y metales, astillas de madera y fragmentos de hormigón.
- ✓ **Cribas trómel (de tambor giratorio).-** Muy versátil, consiste en una criba de gran diámetro (normalmente 3 m), formada por un cilindro girando sobre un eje horizontal. Se han utilizado para proteger trituradoras y para separar cartón y papel en instalaciones para la recuperación de materiales.
- ✓ **Cribas de discos.-** Está formada por discos giratorios entrelazados paralelos. Los materiales que hay que separar caen entre los espacios, los materiales grandes se llevan por encima de los discos como en una cinta transportadora. Tienen como ventajas sobre las vibratorias su capacidad de autolimpieza y de ajuste, variando el espaciamiento de los discos sobre los ejes de conducción.
- ✓ **Criterios de diseño** Un dispositivo ideal tendría alta **recuperación y alta pureza**. Ambas cualidades pueden combinarse en el parámetro eficacia o **eficiencia**. Se han desarrollado varias aproximaciones empírica para el diseño de cribas, pero el método más exacto es el ensayo con los materiales que se van a cribar.
- ✓ La velocidad óptima se produce cuando los materiales se voltean con un movimiento **catarata**; es decir, se conducen parcialmente por la pared interior del tambor y después caen sobre sí mismos. Idealmente la velocidad de rotación debe estar entre 50 - 80 % de la velocidad crítica dependiendo del tipo de trómel. Para RSU, se han descrito velocidades de rotación en el rango de 10 a 18 rpm.
- ✓ Asimismo se han ensayado ángulos de inclinación (α) de 2 a 5 ° en sistemas funcionando con RSU. Los diseños prácticos deben tener en cuenta la posibilidad de variar la inclinación del trómel sobre este rango para optimizar el rendimiento.

- **Separación por densidad**

Equipos

- ✓ **Clasificadores neumáticos:** El sistema completo está formado por una o más transportadoras de RS, el clasificador y un ciclón separador para separar la fracción ligera del aire portador... Antes de descargar el aire portador a la atmósfera, se pasa a través de instalaciones para la recolección de polvo, normalmente un filtro de mangas. Alternativamente, se puede reciclar el aire del ciclón separador directamente al clasificador neumático, con o sin separación de polvo.
- ✓ La fracción pesada va al lugar de evacuación o a un sistema de recuperación de recursos y la fracción ligera se puede almacenar o triturar antes de almacenar o utilizarla.
- ✓ El diseño de estos sistemas se base principalmente en la relación aire/sólidos (Kg. aire/kg residuos sólidos) y en la velocidad fluidizante necesaria. Se recomienda una relación aire/sólidos de 2 a 7.
- ✓ **Stoner:** El Stoner básico consiste en una parrilla porosa vibratoria a través de la cual se sopla aire
- ✓ **Flotación:** Separación de dos componentes con densidades diferentes. Por ejemplo, una alimentación con alto contenido de vidrio, producida a partir del cribado de la fracción pesada de residuos clasificados neumáticamente después

de la separación de metales féreos, puede separarse de los contaminantes orgánicos mediante la inmersión en agua en un depósito apropiado.

- ✓ **Separación de metales pesados** : En este proceso una alimentación triturada que contenga un alto porcentaje de metal (principalmente aluminio), como son las partes de carrocerías de automóviles o chatarra trituradas y clasificadas neumáticamente después de haber separado los metales féreos y el vidrio, se introduce en una corriente líquida que tiene una alta densidad específica

▪ **Separación magnética y por campo eléctrico**

Equipos

- ✓ Utilizan las propiedades eléctricas y magnéticas de los materiales residuales, como son la carga eléctrica y la permeabilidad magnética, para separar materiales.
- ✓ La separación magnética es la tecnología más comúnmente utilizada para separar metales féreos de metales no féreos. La separación electrostática puede utilizarse para separar plásticos de papeles, en base a las distintas características de carga superficial de los dos materiales.
- ✓ Los equipos se diseñan en base a la carga en masa del flujo de material (ton/h), siendo, además el consumo de energía (Kwh.) un elemento también importante en el diseño. Como el uso de separadores magnéticos es una práctica ya establecida, se pueden utilizar con confianza. Para el diseño de los dispositivos electrostáticos es recomendable realizar ensayos pilotos.

▪ **Densificación (Compactación)**

Equipos

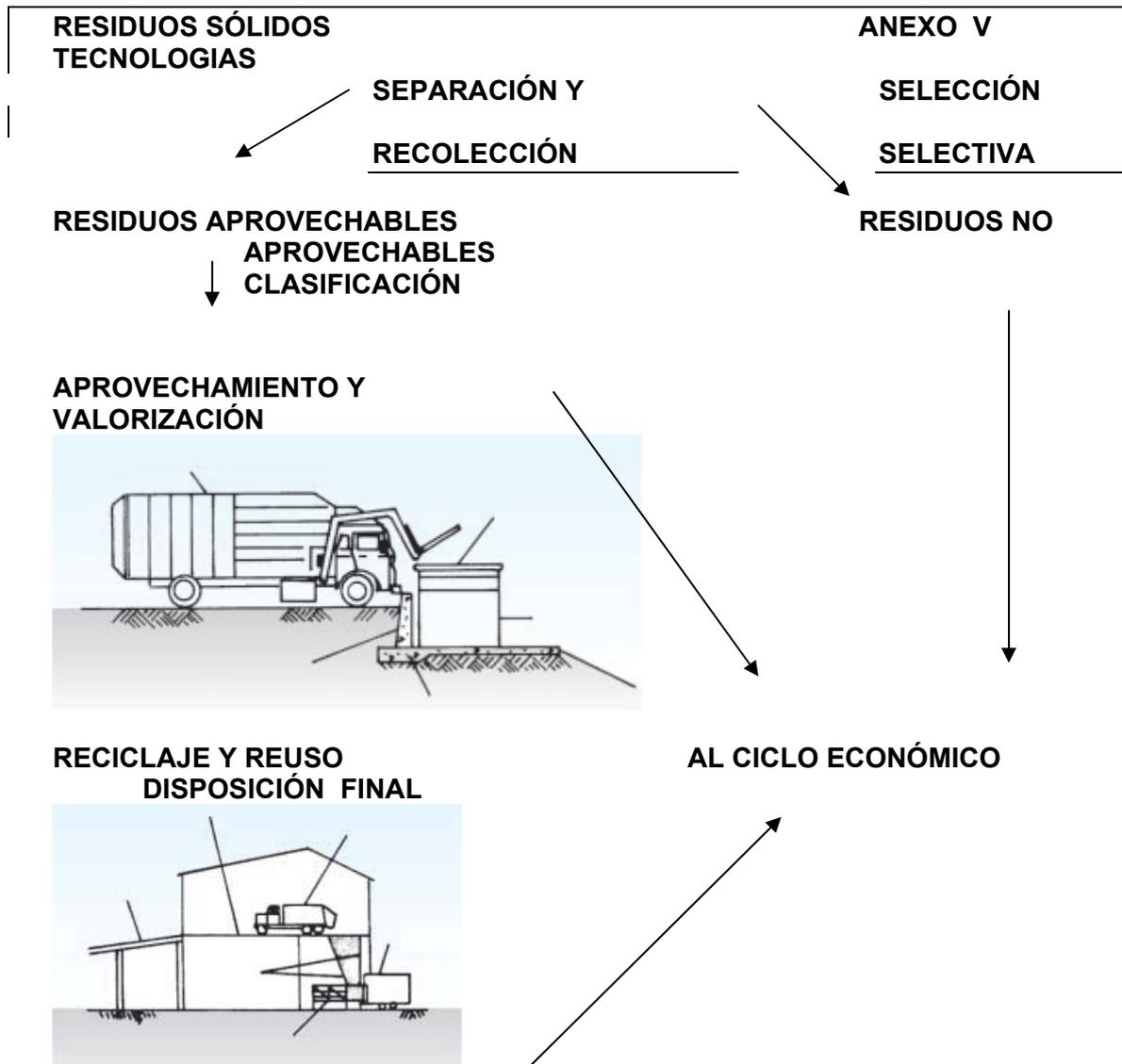
- ✓ **Compactadoras estacionarias o móviles.** Cuando se llevan residuos y se cargan en una compactadora manual o mecánica, la compactadora es estacionaria (camión de recogida de basura). Cuando la compactación se hace con equipos desplazándose son móviles (tractor en vertederos).
- ✓ **Empacadoras:** Operando con una presión alta, normalmente de 700 a 1400 KN/m², producen bloques compactados de residuos sólidos o materiales recuperados relativamente pequeñas. Los tamaños normales de los bloques varían de 1,20 x 0,75 x 1,00 m a 1,80 x 0,75 x 1,00 m. El peso de estos depende del material (por ejemplo desde 500 hasta 800 Kg. para los fardos pequeños y grandes de cartón ondulado).
- ✓ **Peletizadoras:** La formación de pellets es una tecnología que puede utilizarse en la producción de **combustible densificado derivado de residuos (CDRd)**. El material es extraído a través de moldes de extrusión con una rueda extrusora giratoria excéntrica. Los pelets gruesos son aproximadamente de 7,5 cm por 2,5 cm². Los pelets finos son cilíndricos, y normalmente son de 1,25 a 2 cm de diámetro por 1,25 a 2,5 cm de largo. Se pueden almacenar el **CDRd** durante meses sin que se descomponga si se mantiene seco.
- ✓ **Criterios de diseño** Con fines de diseño, los equipos de compactación se clasifican para el rendimiento en términos de ton/h.
- ✓ Aunque algunos materiales compactados, tales como el plástico o el aluminio, pueden tolerar la humedad, la mayoría de los materiales densificados deberían almacenarse en una zona cubierta protegida de la lluvia.
- ✓ Como el peso específico bruto último del material es altamente dependiente del peso específico original y el contenido en humedad del material, se debería llevar a cabo un ensayo de campo o se debería visitar una instalación similar para confirmar el rendimiento

- ✓ El rendimiento del equipamiento de empacado y compactado se valora por la reducción en volumen porcentual y la relación de compactación (**V_i/V_f**). Esta relación es importante para hacer un análisis de balance entre la relación de compactación y el costo global de la compactación.

- **Manejo mecánico de materiales**

Equipos

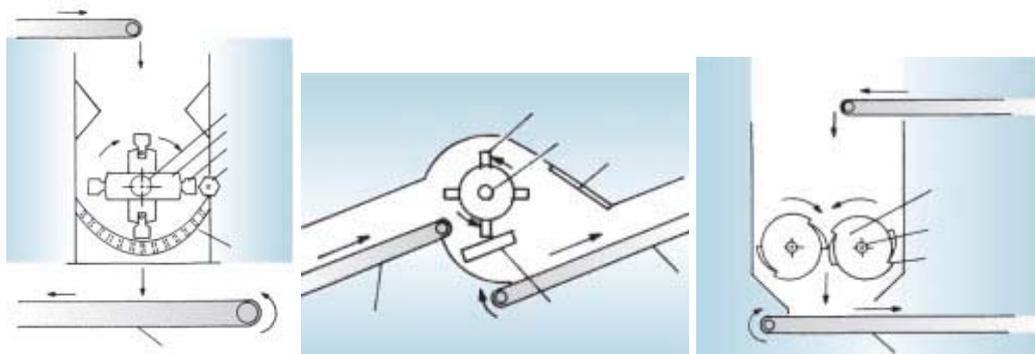
- ✓ **Cintas transportadoras:** Es una cinta sin fin, apoyada sobre rodillos libres, antifricción y conducida desde un extremo por un rodillo motriz. Se utilizan para trasladar RSU no seleccionados, materiales reciclados, materiales en la línea de selección manual de materiales reciclados.
- ✓ Las cintas se hacen de goma, lona o materiales sintéticos para manipular materiales reciclados que son relativamente ligeros. Para aplicaciones pesadas, como los RSU no seleccionados y los metales pesados, se usan cintas de acero.
- ✓ Se diseñan en base a la velocidad de la cinta, al rendimiento por peso, a la potencia y al espesor del material sobre la cinta. Se han utilizado velocidades de 0,05 a 0,5 m/s para cintas transportadoras metálicas y de 0,5 a 2,5 m/s para cintas transportadoras flexibles.
- ✓ **Transportadora para la separación manual de residuos:** El ancho máximo de las cintas estándares, cuando la separación se hace desde cualquiera de los lados de la cinta, es aproximadamente de 1,20 m. Las velocidades de éstas varían de 0,075 a 0,45 m/s.
- ✓ **Transportadora neumática:** Pueden usarse las transportadoras neumáticas para trasladar materiales triturados como papel de periódico, plástico y CDR. Ofrecen una considerable flexibilidad en el diseño, porque la cañería puede trazarse a medida.
- ✓ Los sistemas de transporte neumático están formados por un ventilador, un dispositivo de alimentación, cañerías y equipos de descarga, normalmente un ciclón.
- ✓ **Criterios de diseño:** Pueden operarse los sistemas al vacío o como sistemas de presión trabajando hasta 35 cm de presión de agua. Las velocidades del aire para los residuos procesados están normalmente en el rango de 20 a 25 m/s, y la relación materiales / aire está normalmente en 0,1 Kg. material/Kg. de aire. Las velocidades recomendadas para transportar astillas y virutas de madera y carbón en polvo son 15 y 25 m/s, respectivamente.



REDUCCIÓN, PROCESAMIENTO Y SEPARACIÓN DE MATERIALES

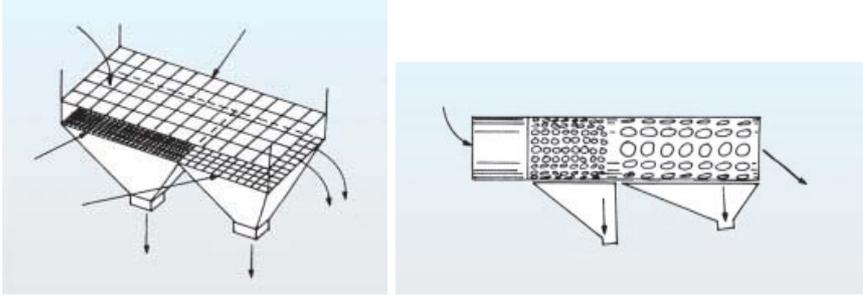
Reducción de Tamaño

Algunos tipos de trituradoras para metales

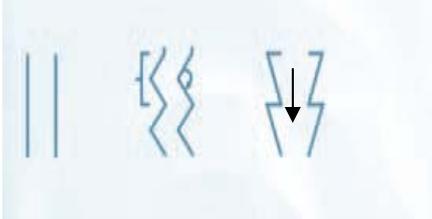


Separación por Tamaño

Cribas utilizadas para la separación de residuos sólidos



Separación por Densidad →



(a) Recto (tipo conducto) no pulsado o pulsado activado con válvula de tablillas.

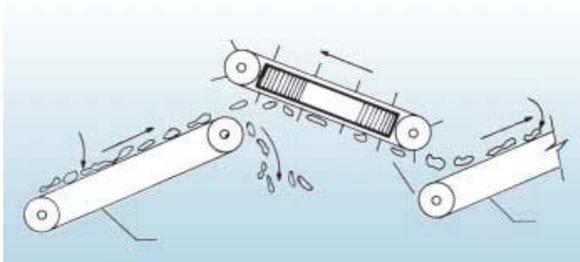
(b) No pulsado en zigzag.

(c) Sección triangular con pulsado pasivo.

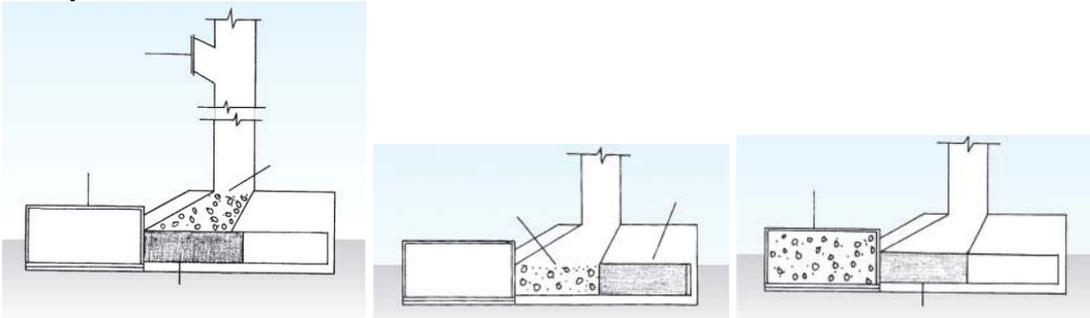
Diseños funcionales de clasificadores neumáticos utilizados para separar las fracciones ligeras y pesadas de los residuos sólidos.

Separación por Campo Eléctrico y Magnético

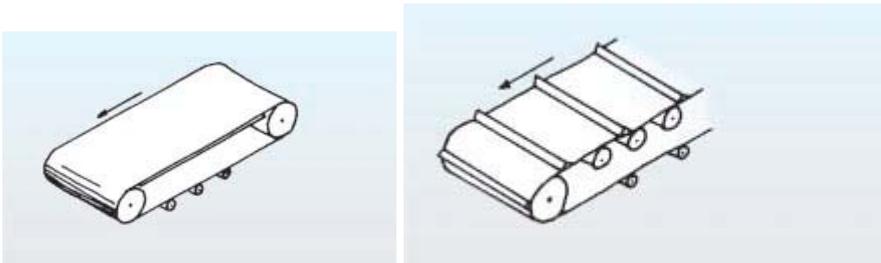
AL CICLO ECONÓMICO



Compactación →

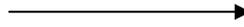


Manejo Mecánico de Materiales →



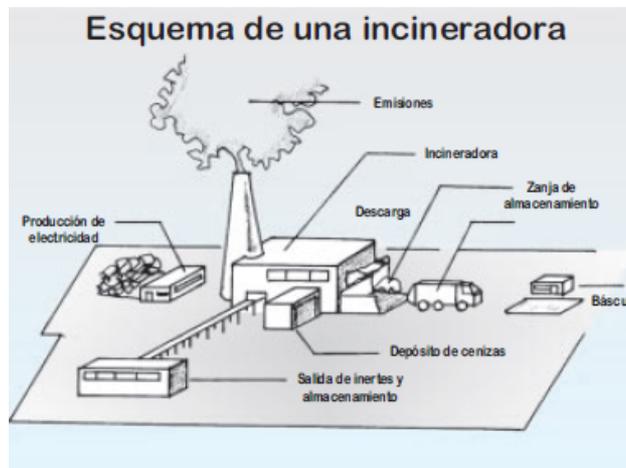
Separación y Procesamiento en Instalaciones Mecanizadas

PROCESAMIENTO TÉRMICO

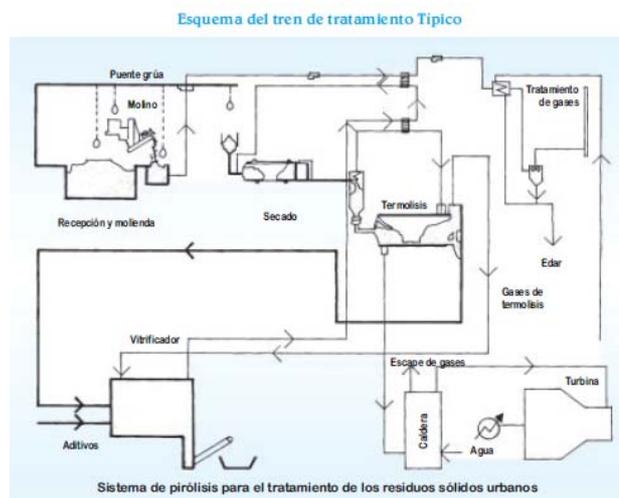
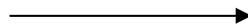


AL CICLO
ECONÓMICO

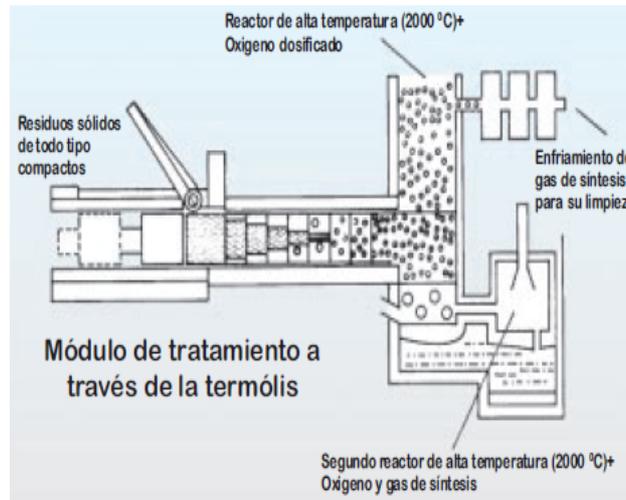
Incineración



Pirólisis



Termólisis



Producción de Energía y Gasificación

Tratamiento Integral (En Masa)

AL CICLO ECONÓMICO



CONVERSIÓN BIOLÓGICA Y QUÍMICA



AL CICLO ECONÓMICO

- Compostaje Aerobio y Anaerobio
- Lombricultura
- Biogeneración
- Procesos de Transformación Química

Observaciones :

AL CICLO ECONÓMICO : productos o subproductos aprovechables ,con inserción en el mercado de bienes

DISPOSICIÓN FINAL : productos o subproductos a enterramiento definitivo o transitorio, sin aprovechamiento actual en el mercado