



La necesidad de reducir la basura domiciliar en la ciudad de Buenos Aires.

Hace ocho años que se sancionó la ley de Basura Cero para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires; sin embargo, el fracaso de la política de separación en origen y el inminente colapso del relleno sanitario del Complejo Ambiental CEAMSE Norte III obligan a reducir el enorme volumen de la basura domiciliar de la ciudad.

En efecto, de los contenedores con rueditas (Figura 1), que generaron peleas entre los vecinos, muchas veces con heridos, se pasó a dos contenedores fijos: uno verde para materiales reciclados (residuos secos) y otro negro para la basura propiamente dicha (re-

siduos húmedos) como se muestra en la figura 2. Si bien se logró un acuerdo con los recicladores, la intrusión y el vandalismo ha sido una constante que amenaza la política de reciclado en origen.

Así, a pesar de la buena voluntad de los ciudadanos que hacen el reciclado en sus domicilios, las ineficientes acciones de información y control, trajeron como consecuencia que en la ciudad predomine un solo tipo de contenedor grande (Figura 3).

No obstante, su capacidad y gestión depende de la comuna servida. En la mayoría de los casos, en calles de mucho tránsito dificulta la circula-

Reciclado y termovalorización de los residuos sólidos urbanos

Por **Vicente Serra Marchese**, director de *Intelligence Energy Solutions*.



Figura 1. Contenedor de rueditas.

Mucho se ha hablado de la recolección de los residuos indiferenciados y de su separación mecánica y manual de los residuos sólidos urbanos potencialmente reciclables, mediante cintas de transporte y el accionar fundamental –y a veces único– del personal en forma manual. Esta simple tecnología de separación de residuos indiferenciados para importantes volúmenes de residuos, actualmente, se está dejando de lado, ya que si bien genera más de 200 puestos de trabajo, conlleva riesgos, especialmente si existe la presencia de residuos hospitalarios clandestinos, residuos peligrosos y

ción vehicular de un carril, provocando accidentes. Además, se suman las dificultades que ocasionan al tránsito peatonal y, en algunos casos, presentan una mala condición de acceso, debido al desconocimiento por parte del ciudadano de su buen uso o a la mala gestión de algunas empresas prestadoras de servicios de recolección.

Los residuos recolectados son llevados a una unidad de procesamiento de reciclado manual ubicada en el predio del ente de Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (Ceamse). En la ciudad de Buenos Aires también hay recicladores de materiales reciclables separado en origen.



Figura 2. Contenedores para residuos secos y húmedos.



Figura 3. El uso de un solo contenedor.

otros materiales que, si bien no son catalogados como peligrosos, pueden ser contaminantes.

Con los sistemas actuales y las disposiciones empleadas resulta casi imposible disminuir el volumen de la basura, dado que las tareas de separación selectiva en origen, separación y/o clasificación en plantas implementadas para el reciclado de materiales secos –localizadas principalmente en centros urbanos de grandes dimensiones y de gran complejidad urbanística– apenas permiten recuperar el 15%, y la mayoría de los residuos sólidos no se degradan para

producirse una biosíntesis. En muchos países desarrollados, estas metodologías se han abandonado por la falta efectividad en la separación de la fracción indiferenciada.

Muchos de los residuos sólidos que se vierten no son degradables, aunque no revisten peligro para la salud en forma directa. Sin embargo, también se cuenta con antecedentes de los peligros en asentamientos de relleno sanitario.¹

Las leyes de tratamiento de residuos urbanos son de carácter provincial y complementan la Ley de residuos peligrosos 24.051. No con-

templan la figura de plantas de tratamiento disposición final de residuos sólidos urbanos mediante un proceso de tratamiento por procesos térmico-químicos, como ocurre con los residuos sólidos peligrosos. En síntesis, el uso de residuos sólidos urbanos como un combustible pasaría a ser la disposición final de residuos como se hace con algunos residuos peligrosos que se esterilizan mediante un proceso de combustión a altas temperaturas.

Termovalorización

La separación en origen y la valorización del material para su reciclado o para el tratamiento de la fracción orgánica no es incompatible con la tecnología de termovalorización (o valorización energética mediante proceso térmico-químico) de los residuos no reutilizables, o no valorizables materialmente.

Estos últimos son potencialmente combustibles, dado el importante poder calorífico que pueden tener, y en función del proceso que se implementará para la obtención de los combustibles.

El proceso de termovalorización no solo es compatible, sino que ade-



Figura 4. Esquema de gestión integral de residuos sólidos urbanos (Infografía de www.ceamse.gov.ar).



Figura 5. Planta procesadora de residuos de la región capital bonaerense (www.3lclipping.com.ar).

más es fundamentalmente complementario dentro del marco de una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, como en el caso de Finlandia, donde la política pública en tema de residuos sólidos urbanos ha complementado la separación en origen, el reciclado manual/automático (mecánico-óptico-etc.), la termovalorización y la generación de energía térmica y eléctrica.

Hoy, Finlandia llega al extremo de importar basura de otros países europeos para ser procesada en sus plantas, obteniendo ingresos de los países exportadores de residuos para el procesamiento por la disposición final de los residuos.

La tecnología de valorización energética de los residuos por vía térmico-

química es un proceso que permite tratar cualquier tipo de residuo: pretratado, acondicionado o proveniente de la recolección indiferenciada.

El residuo con alto poder calorífico es potencialmente un combustible de residuos y, según la caracterización del material utilizado, la modalidad del tratamiento elegido y la caracterización del material-combustible generado, se determinará como:

- **RDF (Refuse Derived Fuel) - CDR (Combustible Derivado de Residuos):** combustible que se ha obtenido a partir de cualquier tipo de residuo (peligroso o no, líquido o sólido) y que habitualmente solo cumple con las especificaciones establecidas entre el proveedor del combustible y el usuario.

- **SRF (Solid Recovered Fuel) - CSR (Combustible Sólido Recuperado):** combustibles sólidos preparados a partir de residuos no peligrosos para ser utilizados en recuperación energética en plantas de incineración o co-incineración, que cumplen los requisitos de clasificación y especificaciones establecidos por la Comunidad Económica Europea, Normas CEN 15357/15358 y 15359.

A partir de:

- Fracción resto de los residuos municipales.
- Residuos voluminosos.
- Fracción resto de los residuos comercializables e industriales NP.
- Fracción combustible de los CDR.
- Neumáticos.
- Plásticos agrícolas.
- Lodos de depuración de aguas residuales urbanas.

La separación en origen y el reciclado no son incompatibles con la tecnología de termovalorización de los residuos no reutilizables, y se trata de un combustible que por su capacidad calorífica puede ser usado en procesos donde es necesario el empleo de calor.

El residuo con poder calorífico (SRF) está normalizado por la Comunidad Económica Europea, Normas CEN 15357/15358 y 15359.

En suma, todo es compatible y complementario, como ocurre en el caso de Finlandia, donde la política pública en tema de basuras urbanas ha complementado la separación en origen, el reciclado mecánico, la termovalorización y la generación eléctrica de energía.

Característica de la tecnología

Sistema de recepción: la función del sistema de recepción es recibir la basura urbana que llega en camiones procedentes del área urbana. La basura es descargada en la tolva receptora. El primer paso es el uso de un molino rompedor de bolsas, que está compuesto por un eje con cuchillas y su función es romper las bolsas que envuelven los residuos. Luego del molino rompedor, la basura circula por una cinta transportadora hacia un separador en forma de rulero. Ahí se



Figura 6. Centro de reciclaje de Buenos Aires (www.sustentartv.com).



seleccionan elementos mayores de 20 x 10 cm, al tiempo que los elementos blandos caen a un contenedor. En su mayoría, estos elementos están constituidos por los materiales orgánicos.

Biodigestor: los residuos blandos recolectados en el contenedor bajo la separación son enviados por cinta transportadora a un biodigestor que produce gas de síntesis o realiza compost mezclado con barros cloacales para la fertilización de parques y plazas. Los líquidos recolectados en la etapa de rompimiento de bolsas se tratan con un mínimo de tratamiento, debido que no llega a transcurrir más de 24 horas, antes de comenzar el proceso de lixiviado y ser derivados a los conductos cloacales.

Banda de selección: luego del proceso, en el que se adicionan otros materiales sólidos provenientes de autopartes, cauchos, escombros, muebles, etc., se pasa a un triturador que peletiza los fragmentos de la basura para luego pasar a banda de selección de caucho inodora, resistente a los ácidos y que tiene una longitud y ancho mínimos de 15 m y 0,80 m, respectivamente, con protecciones laterales y una velocidad de trabajo que fluctúa entre 6 y 12 m por minuto.

Proceso de separación comienza un proceso de separación, en el cual mediante un electroimán se separan los elementos ferrosos, luego por corrientes de Eddy los materiales no ferrosos, para finalmente mediante una clasificación por densidad del material se separa arena, vidrio, papel, plásticos, etc. Finalmente, todo lo que no es capturado por

el proceso de separación pasa a ser lo que se conoce como SRF (*Solid Recovered Fuel*), que es utilizado como combustibles para cementeras, centrales de vapor o procesos de *crushing* donde sean necesarios el calor y el vapor.

Tomando nuevamente el modelo finlandés, es factible expandir la capacidad de gestión de residuos sólidos y dar mayor seguridad ambiental al tratamiento de la basura urbana, interurbana e industrial de la ciudad de Buenos Aires.

En este sentido, una planta de tratamiento de residuos sólidos de últi-

ma generación tecnológica permitirá aumentar la eficiencia, reducir el costo económico y ambiental de las soluciones actualmente vigentes y simplificar la forma en la que se aborda el problema en un escenario de incremento en la actividad.

Asimismo, el proceso permitirá generar microemprendimientos a partir de los subproductos de la planta como la fabricación, el empaquetado y la distribución de humus, la fabricación de ladrillos cemiticios, las placas impermeables *superboard*, el relleno para asientos morticios, las briquetas para combustión lenta en salamandras y los hogares o cocinas económicas a leña.

Contribución a la generación de energías renovables desde la gestión de residuos sólidos

A partir de la generación de energía del residuo urbano, que una vez convertido a SRF podrá ser utilizado por empresas de alta demanda energética, como la Central Térmica San Nicolás o un Horno Cementicio, que pueden quemar estos combustibles sólidos usándolos como sustituto de combustibles fósiles, contribuyendo así a la sustentabilidad de la matriz energética. El SRF puede utilizarse como tal o en co-combustión en modernas calderas de biomasa, hornos

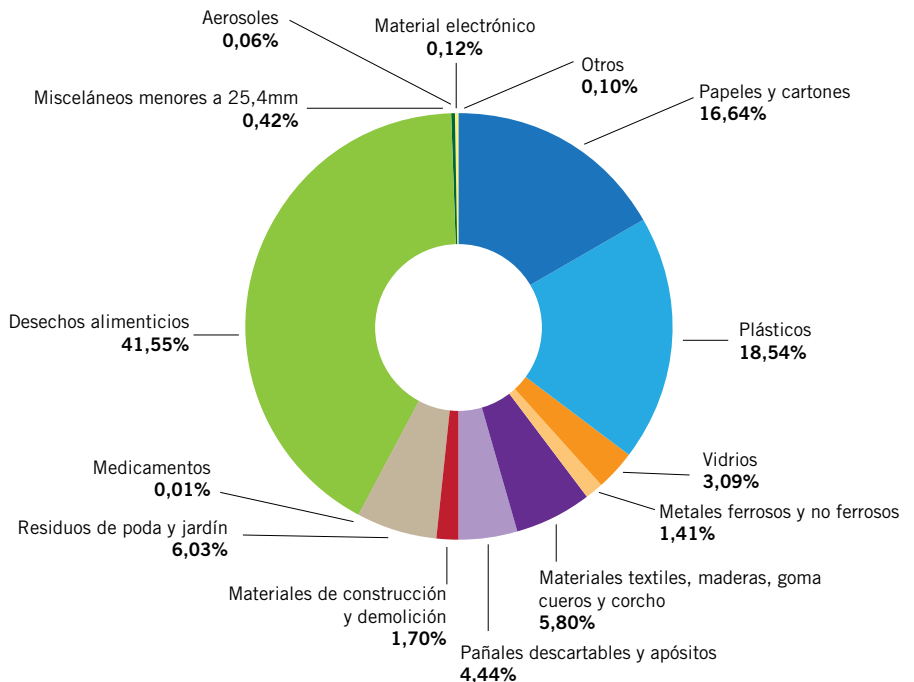


Figura 7. Composición física promedio de los residuos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.



- ✓ RSU Generados: 16.000 ton/día (según informe CEAMSE 2015 - 2030)
- ✓ RSU Transferidos: 8.000 ton/día
- ✓ Origen: CABA y 38 Municipios del Gran Buenos Aires
- ✓ Población Servida: 14.000.000 hab.
- ✓ Potencia Generación Energía:
 - 15 MW (LFGE, Energía Eléctrica - 100.000 hab.)
 - 500 KW (Parque Híbrido Eólico/Solar, Iluminación)

INFRAESTRUCTURA ACTUAL:

- ✓ 5 Estaciones de Transferencias
- ✓ 3 Complejos Ambientales Activos
- ✓ 1 Complejo Ambiental Cerrado
- ✓ 2 Plantas TMB Activas (@ 1.000 ton/día c/u)

Otras:

Gran Buenos Aires: Plantas Sociales (Clasificación), Planta NFU, Planta de Compostaje

CABA: Centro de Reciclado, Planta de ROyD, Planta MRF, Planta Poda y Orgánica, Centros Verdes Cooperativas (Clasificación)



CARACTERIZACION FISICA DE LOS RSU DE LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES - 2015

Componentes	COMPOSICION TOTAL %RP	Componentes	COMPOSICION TOTAL %RP
Papeles y Cartones	14,40%	Plomo	0,01%
Otros y Remotas	3,32%	Metalos Ferrosos	1,29%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	1,47%	Metalos No Ferrosos	0,44%
Papel Mezclado	6,22%	Materiales Textiles	4,69%
Cartón	2,04%	Wadera	1,09%
Envases Tetrapack	0,52%	Copa, cuero, cercho	1,09%
Plásticos	12,69%	Paneros Desarmables y Apaltes	8,19%
PET (1)	1,02%	Materiales de Construcción y Demolición	4,78%
PEAD (2)	1,14%	Residuos de Poda y Jardín	4,54%
PVC (3)	0,40%	Residuos Poligonos	0,28%
HRD (4)	5,21%	Residuos Patogenos	0,41%
PP (5)	2,14%	Medicamentos	0,21%
PS (6)	1,01%	Cerechos Alimenticios	42,54%
OTRA (7)	0,40%	Misceláneos Menores a 25,4 mm	0,19%
Vidrio	9,81%	Aerosoles	0,09%
Vozto	2,24%	Piza	0,09%
Ambor	0,20%	Material Electrónico	0,04%
litios	1,31%	Otros	0,95%



⁴ Ref.: ESTUDIO DE CALIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES - INFORME FINAL - 2015



Figuras 8 y 9. Situación de residuos de Caba y Gran Buenos Aires en 2016 (Infografía Spreco SAS).

de cemento, centrales a carbón, gasificadores, altos hornos, etc.

Impactos sociales y medioambientales

Esta solución tecnológica preten- de modificar en forma definitiva el uso de rellenos sanitarios tradiciona- les poniendo fin al problema de la presencia de residuos sólidos en un

ambiente limpio no contaminante, beneficiando a las comunidades vecinas, reduciendo la emisión de gases efecto invernadero y, a su vez, generando nuevos puestos de trabajo.

Composición Basura	1000	Tn/día	Recupero	Residuo	Residuo Separado	Residuo para SRF	SRF	Material Inerte
Vidrio	6%	60,00 Tn/día	60%	4%	36,00 Tn/día	24,00 Tn/día		
Ferrosos	2%	18,00 Tn/día	95%	2%	17,10 Tn/día	0,90 Tn/día		
no Ferrosos	5%	52,00 Tn/día	80%	4%	41,60 Tn/día	10,40 Tn/día		
plásticos	10%	100,00 Tn/día	70%	7%	70,00 Tn/día	30,00 Tn/día		
papel carton	15%	150,00 Tn/día	0%	0%	0,00 Tn/día	150,00 Tn/día		
Organica humeda	39%	390,00 Tn/día	80%	31%	312,00 Tn/día	312,00 Tn/día		
Organica seca	17%	170,00 Tn/día	100%	17%	170,00 Tn/día	170,00 Tn/día		
otros	6%	60,00 Tn/día	100%	6%	60,00 Tn/día	60,00 Tn/día		
SUB-TOTAL	100%	1000,00 Tn/día		71%	706,70 Tn/día	757,30 Tn/día	302,92 Tn/día	454,38 Tn/día
Escombros		S/disp						
Neumáticos		S/disp						
Desguace Automoviles, otros		S/disp						
Desguace Electrodomeesticos		S/disp						
		Merma por líquidos		Merma	29%			

Cuadro 1.

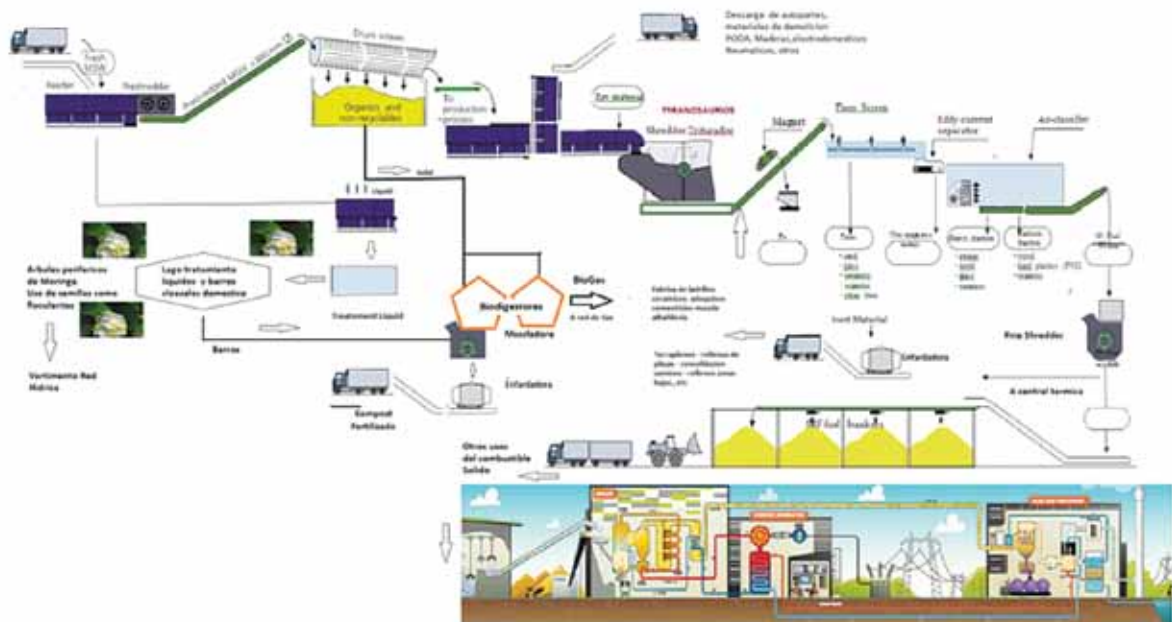
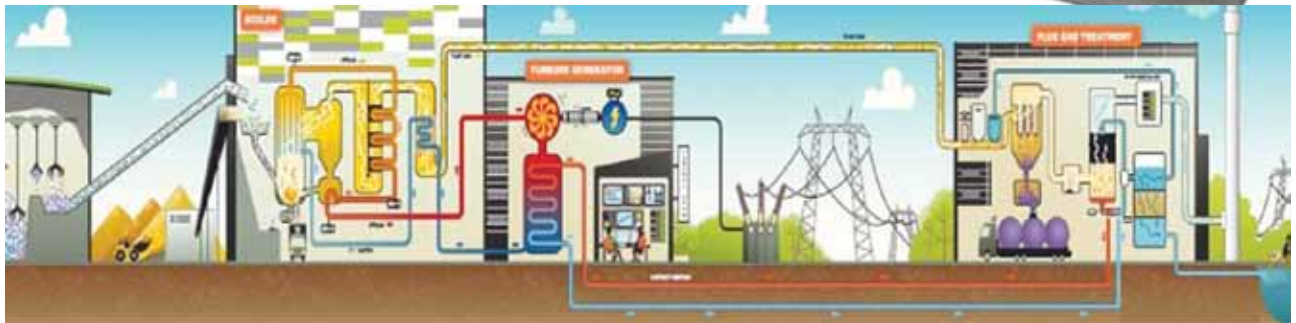
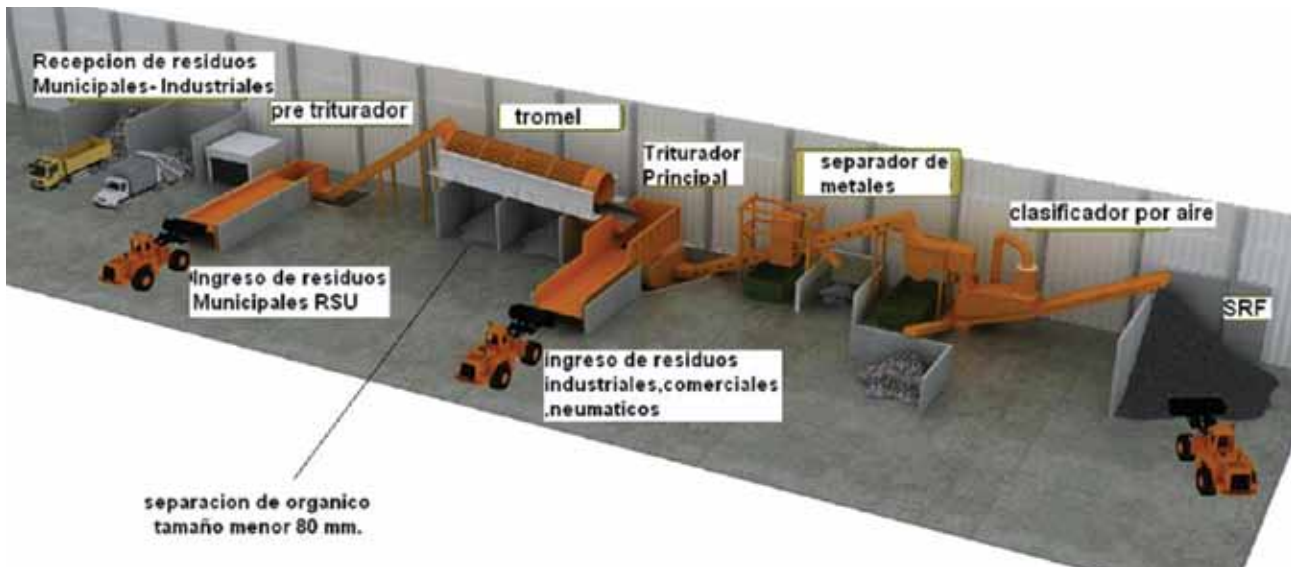


Figura 10. Planta generalizada de tratamiento (Infografía de BMH Enviro).

El combustible SRF

El SRF es un combustible estandarizado en la Unión Europea, CEN/TC-SRF 343) (www.cenorm.be) es prácticamente no-fósil y de bajas emisiones de CO₂, homogéneo, mecánicamente y químicamente puro, de bajo contenido

de cloro y azufre, con alto poder calorífico y de pequeño tamaño.

El suministro es abundante y disponible en todas partes, resuelve gran parte del problema de los residuos y rellenos, es un combustible local y no importado y es la más económica

fuentes de energía.

Con residuos Municipales RSU (MSW) se puede obtener de un 35% a un 45% de SRF con un poder calorífico medio de 15 MJ/kg (3500 kcal/kg). Con residuos comerciales e industriales se puede obtener de un 50% a un

Clasificación propiedad	Medida estadística	Unidad	Clases				
			1	2	3	4	5
Valor calorífico neto (NCV)	Promedio	MJ/kg (ar)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Clasificación propiedad	Medida estadística	Unidad	Clases				
			1	2	3	4	5
Cloro (Cl)	Promedio	% (d)	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3
Clasificación propiedad	Medida estadística	Unidad	Clases				
			1	2	3	4	5
Mercurio (Hg)	Promedio	mg/MJ (ar)	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,50
	80 th percentil	mg/MJ (ar)	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,16	≤ 0,30	≤ 1,00

Cuadro 2.

90% de SRF con un poder calorífico de 16 a 22 Mj/kg (4500 kcal/kg).

En el caso de los residuos del área metropolitana podrá obtenerse el recuperado de materiales que se observa en el cuadro 1.

La secretaría de energía debería estandarizar y definir la calidad de este combustible, para la manipulación y el transporte tomando como ejemplo la siguiente especificación técnica.

Clasificación

El sistema de clasificación del cuadro 2, se basa en valores límite, en concordancia a la Normativa Europea CENT TS 15359 para las tres propiedades de combustible que no generen efectos nocivos en la combustión. Estos son el valor medio del valor calorífico neto (kcal/kg); el valor medio de contenido en cloro (Cl); los valores per-

centiles de concentración de mercurio (Hg). A su vez, cada propiedad se divide en cinco clases con valores límites.

De esta manera, al SRF se asignará a un número de clase de 1 a 5 para cada propiedad y una combinación de números constituirá el código de clase.

Ejemplo de clasificación: el código de clase de un SRF, que tiene un valor calorífico neto promedio de 19 MJ/kg (ar), una media de cloro de 0,5% (d) y un contenido de mercurio promedio de 0.016 mg/MJ (ar), con un valor de percentil 80th de 0,05 mg/MJ (ar) se señala como *Class code* NCV 3; Cl 2; Hg 2.

La combustión del SRF en una caldera

Los componentes clave en una caldera de lecho fluidizado son el horno, el ciclón como separador de sólidos y el bucle sello. Juntos forman el

llamado “bucle caliente”. En la actualidad, el bucle caliente es parte de la superficie de la caldera, una disposición de paneles de membrana, conectado a circuito de evaporación de la circulación.

En el horno, la fluidización se mantiene por aire primario, que cubre aproximadamente el 50% del aire de combustión. Este aire primario se alimenta a través del horno, a través de boquillas de fluidización.

El resto del aire de combustión –el aire secundario y también el combustible– son alimentados en la parte inferior del horno.

Por su parte, el combustible se alimenta gravimétricamente, neumáticamente o por transportadores mecánicos, según del combustible y sus propiedades. La cantidad de material de lecho en el horno es de 30 toneladas en una caldera de 150 MW. El lecho consiste en la puesta en mar-

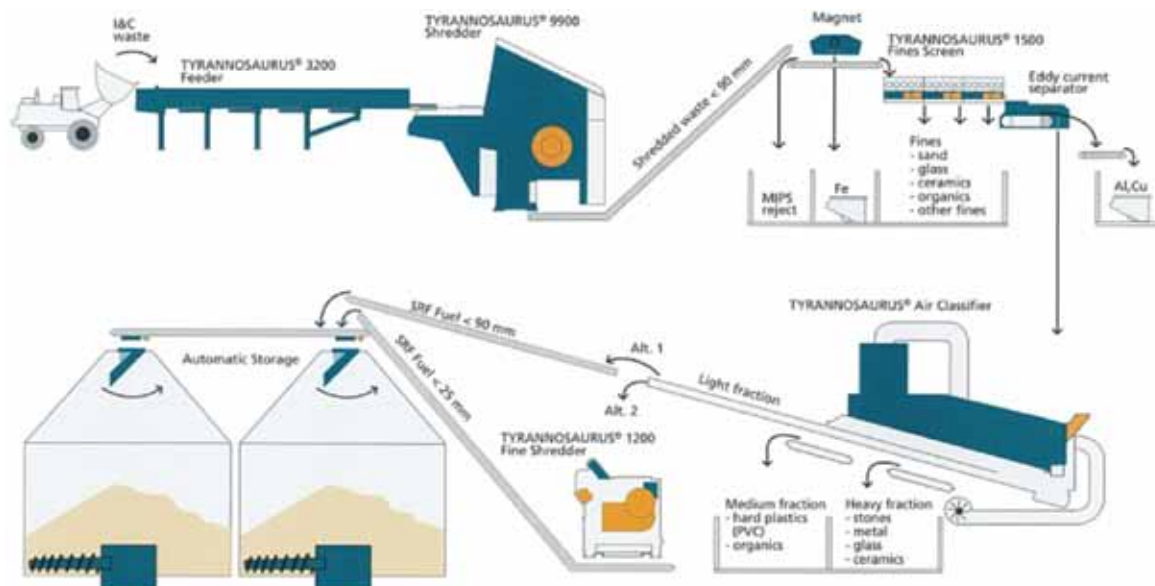


Figura 11. Cómo producir combustible SRF de buena calidad (Fuente: BMH).

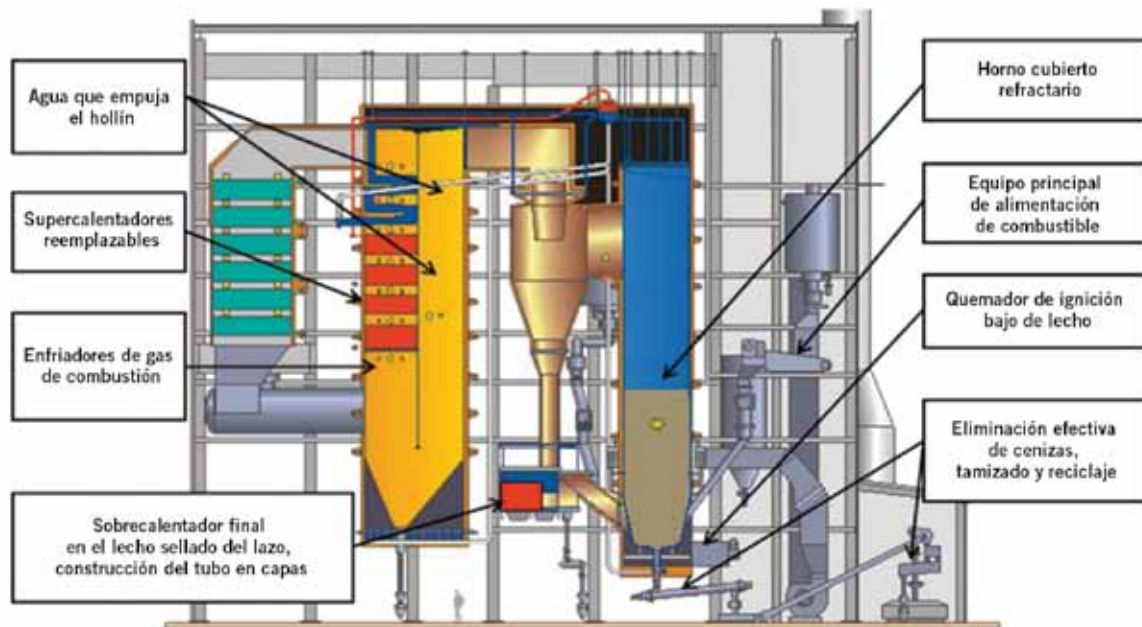


Figura 12. Características especiales del SRF.

cha de arena natural, con un tamaño de 100 a 500 micras, pero durante la operación, las cenizas de combustible forman la parte principal del material del lecho.

El material de este lecho que escapa del horno, junto con los gases de combustión, se recoge por ciclón y se transporta de vuelta al horno a través de sello de lazo. Debido al material circulante, el perfil de temperatura del horno es bastante uniforme, uno de los principales beneficios de la tecnología de combustión B.

Independientemente del tipo de combustible, la temperatura de combustión en circuito cerrado se mantiene entre 800 y 950 °C, lo cual es óptimo.

La incineración de SRF es una buena eficiencia de combustión y control primario de emisiones, que minimiza la suciedad y la polución de superficies de calor. Después del ciclón, el gas de combustión pasa a través de la convección y, finalmente, a la pila de gases de combustión.

La parte final de la ceniza del combustible escapa junto con gases de combustión a través del ciclón. El promedio típico del tamaño de partícula de la ceniza de la combustión SRF es de 20 a 40 micras; y el máximo cerca de 100 micras. De haber partículas de ceniza más grandes, pueden ser recogidas por ciclón y se eliminan a través de las aberturas de descarga de cenizas

en el piso del horno, junto con algo de material de lecho.

En la combustión de biomasa y combustible recuperado, la ceniza de fondo es típicamente material de lecho tamizado y retroalimentado adecuadamente al horno por transmisores neumáticos.

Los metales magnéticos se pueden separar fácilmente de la ceniza inferior mediante separadores de imanes, debido a la naturaleza seca y arenosa de la ceniza de fondo. Los combustibles típicos quemados en las calderas son diferentes tipos de carbones; biomasa y combustibles reciclados, como madera de demolición y SRF. Los parámetros básicos del combustible en la combustión son valor de calentamiento, humedad y contenido de cenizas, que puede presentar grandes variaciones. ■

Conclusión

La ciudad de Buenos Aires se apresta a habilitar la incineración en masa para reducir el volumen de la basura. Con la metodología descrita se podría reciclar por cada 1000 tn/día de residuo 300 tn (140 Tn residuo orgánico para Bios Gas o compostaje), obtiene SRF por 300 tn día y 400 tn de material inerte apta para rellenos de terraplenes, consolidación de caminos, fabricación de ladrillos citocerámicos, etc. Y asegurándonos de

que allí, donde se disponga el material inerte y compostaje para bio gas no sea perjudicial para el ejido urbano adyacente.

Por último, esto debe ser tomado como un complemento de los sistemas actuales y no como la solución definitiva. Noruega importa basura de otros países gracias a la eficiente implementación de la separación en origen de su producción.

Referencias

1. www.youtube.com/watch?v=i6Mz2QHJAo8
2. www.youtube.com/watch?v=3900vq5a484
3. <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2018/01/WEB-2017-Final-OK.pdf>
4. <http://www.ceamse.gov.ar/como-es-el-camino-de-la-basura-en-buenos-aires/> (Marcelo Rosso, gerente de Nuevas Tecnologías y Control Ambiental, en reportaje para INFOBAE)
5. http://ri.inicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/15693/CONICET_Digital_Nro.19030.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. <http://www.vivis.de/kostenfreie-artikel/category/49-ersatzbrennstoff-kraftwerke?download=1502:operating-experience-from-the-world-s-largest-waste-fired-circulating-fluidized-bed-reactor-in-vaesteras> http://www.eu-projects.de/Portals/11/07_Sarkki_FosterWheeler.pdf