

capacidad; es decir, estaríamos requiriendo una nueva central cada 3 años.

Otras fuentes de energía incluyen los combustibles derivados del petróleo (gasolina, kerosene, gas licuado), gas natural, carbón (mineral y vegetal) y leña. En 1997, ellos generaron del orden de 60 millones de MWh, de los cuales casi el 50% se debe a la combustión de derivados del petróleo. La creciente importación de gas natural permite proyectar un fuerte incremento de su contribución a la generación de energía en el país.

De acuerdo a datos de 1997, la mayor parte de los combustibles del petróleo se consumen en transporte (51%) y en el sector industrial y minero (23%). El 70% del consumo de leña corresponde al sector doméstico, mientras que la industria consume el 24% (principalmente, la industria forestal).

La energía eléctrica se consume industrialmente en iluminación, motores eléctricos y calefactores. La energía eléctrica se puede obtener a partir de varias fuentes primarias:

- A partir de la energía potencial hidráulica (es decir, hidroeléctrica).
- A partir de la energía química de combustibles fósiles (es decir, termoeléctrica).
- A partir de la energía nuclear.
- A partir de la energía solar (celdas fotovoltaicas).

En muchos casos, la energía eléctrica es producida en las mismas plantas industriales, utilizando sistemas de cogeneración. Por ejemplo, los residuos de la industria forestal pueden ser utilizados como combustible en plantas termoeléctricas, generándose alrededor de 400 kWh por tonelada de residuos.

4.3) FUENTES Y TIPOS DE RESIDUOS

Los residuos se pueden clasificar según su estado físico en residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Dichos residuos se generan en todos los ámbitos de la actividad humana, tanto doméstica como industrial. A continuación se revisan brevemente las principales características de los residuos.

4.3.1) Residuos Sólidos

Los residuos sólidos se generan tanto en la actividad doméstica como industrial, y constituyen un problema ambiental crítico en la sociedad industrial moderna.

Residuos Sólidos de Origen Doméstico

Aquellos residuos generados por la actividad doméstica constituyen uno de los principales problemas ambientales de las grandes ciudades. La tasa diaria de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) está en el rango 0,5-1,5 kg/habitante, dependiendo del nivel de desarrollo económico y del grado de urbanización. En

general, a mayor nivel económico y mayor urbanización, se tiende a generar una mayor cantidad de RSU por habitantes. La Tabla siguiente muestra los rangos de composición típica:

TABLA 4.1: COMPOSICIÓN TÍPICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

COMPONENTE	% EN PESO, BASE HÚMEDA
Material orgánico	40-50
Papeles y cartones	15-22
Escorias, cenizas y lozas	4-6
Plásticos	10-15
Textiles	4-6
Metales	2-3
Vidrios	1-3
Otros	6-7

Residuos Sólidos de Origen Industrial

Por su parte, los residuos sólidos de origen industrial (RSI), pueden generarse a partir de diferentes fuentes, que reflejaran directamente la naturaleza de los materiales utilizados y de los productos derivados del procesamiento:

<ul style="list-style-type: none"> • Cenizas y escorias de los sistemas de combustión para generación de vapor de procesos. Sus características químicas dependen del tipo de combustible y de las condiciones de combustión.
<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos secundarios generados por los sistemas de tratamiento de efluentes (ej.: lodos de sedimentación, lodos biológicos) y/o de gases (ej.: cenizas y polvos de los filtros, precipitadores electrostáticos o ciclones).
<ul style="list-style-type: none"> • Insumos químicos gastados no reutilizables (ej. catalizadores agotados, solventes gastados).
<ul style="list-style-type: none"> • Envases y otros contenedores de materias primas, insumos y equipos. Sus características dependen del tipo de contenedor y de la naturaleza de los compuestos almacenados.
<ul style="list-style-type: none"> • Materiales residuales de las operaciones de mantención (ej. aceites, grasas y solventes gastados, partes de equipos dañadas, aislantes, escombros, chatarra)
<ul style="list-style-type: none"> • Materias primas no utilizables, debido a que no poseen características compatibles con el proceso (ie. fuera de especificación) o que no han sido utilizadas debido a problemas con las operaciones (ie. Pérdidas de proceso).
<ul style="list-style-type: none"> • Partes no utilizables de las materias primas (ej.: cortezas, huesos, vísceras).
<ul style="list-style-type: none"> • Materiales intermedios y productos fuera de especificación, sin valor comercial, generados debido a problemas operacionales u otras razones.
<ul style="list-style-type: none"> • Residuos de actividades de construcción, generados durante la construcción e instalación de nuevas facilidades, modificaciones a las instalaciones existentes, etc.

La tasa de generación de RSI varía ampliamente según el tipo de actividad, con valores típicos en el rango 0,01-0,1(ton RSI/ton producto). En las últimas décadas, se ha puesto mucho énfasis en la gestión racional de los residuos sólidos, ya que se puede lograr una significativa reducción de los volúmenes generados. Tal como se menciona en el Capítulo 5, se puede minimizar las pérdidas de material sólido mediante una cuidadosa gestión, manteniendo una segregación inteligente de los residuos, para su posterior reutilización y revalorización. Más aún, una adecuada gestión de producción puede ayudar a minimizar las pérdidas debidas a materias primas y productos finales fuera de especificación. La recuperación de recursos potenciales durante el proceso de manufactura es una opción factible en muchas actividades industriales, sin que para ello se requieran grandes montos de inversión.

La Tabla 4.2 muestra factores de generación de RSI típicos, para algunos sectores industriales relevantes.

TABLA 4.2: FACTORES DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES

ACTIVIDAD INDUSTRIAL	FACTOR DE GENERACIÓN (ton. RSI / ton. Producto)	TIPOS DE RESIDUOS SOLIDOS
Industria de productos lácteos	0,005 – 0,01	Lodos de tratamiento de efluentes y gases. Productos sólidos y envases fuera de especificación. Filtros y telas gastados, residuos de mantención..
Matanza de ganado y procesamiento de carne	0,03 – 0,20	Lodos de tratamiento de efluentes. Cenizas de caldera. Estiercol. Restos de vísceras, huesos, piel, pezuñas.
Industria de recursos marinos: a) Conserveras b) Harina y aceite de pescado	0,02 – 0,05 0,005 – 0,01	Lodos de tratamiento de efluentes. Cenizas de caldera. Vísceras y otros restos de pez no procesables. Envases y productos fuera de especificación. Lodos aceitosos.
Industria de productos forestales: a) Aserraderos y tableros b) Pulpa y papel	0,05 – 0,30 0,02 – 0,06	Lodos de tratamiento de efluentes y gases. Aserrín, cenizas, residuos contaminados con biocidas, productos fuera de especificación, residuos del sistema de recuperación de reactivos.

4.3.2) Residuos Líquidos

El agua es uno de los principales constituyentes en los procesos tanto naturales como industriales. Es un poderoso solvente, y como tal, un vehículo de transferencia de