RECICLADO DE MATERIALES

María de los Ángeles Díaz Díez, Antonio Díaz Parralejo,
Antonio Macías García y José María Sánchez-Marín Pizarro
Área de Ciencias de Materiales. UEX. Badajoz

Los residuos, en general, plantean serios problemas de almacenamiento, medio ambientales, etc.

Los gobiernos de todo el mundo, cada vez más, están potenciando políticas medioambientales encaminadas a eliminar o reducir el volumen de residuos, disminuir la contaminación, reciclar materiales, etc. Hoy se reconoce que reciclar es una forma racional de aprovechar recursos que, de otro modo, acaban en los vertederos. En muchos países existen ya programas de reciclaje a gran escala.

FASES DEL RECICLADO

Es un proceso que tiene por objeto la recepción, de forma directa o indirecta, de los componentes que contienen los residuos urbanos, industriales, comerciales y agrícolas y su posterior recuperación.

La práctica del reciclado de residuos es muy antigua. Los utensilios metálicos se funden y remodelan desde tiempos prehistóricos. Este sistema de tratamiento debe tender a lograr los objetivos siguientes:

a) Conservación o ahorro de energía.
b) Conservación o ahorro de recursos naturales.
c) Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar.
d) Protección del medio ambiente.

Teniendo en cuenta la composición media de nuestros residuos, se puede afirmar que, en España, anualmente tiramos a la basura más de 480.000 toneladas de metales, casi un millón de toneladas de vidrio, unos dos millones y medio de toneladas de papel y cartón y casi seis millones de toneladas de materia orgánica, cifras que oscilan entre el 40% y el 75% de la producción de dichos materiales.

Pero no sólo perderemos estos recursos, sino que, al no hacer uso de la industria de la recuperación, el consumo de materias primas y

energía va en constante aumento con el consiguiente efecto sobre la economía nacional. Para paliar estos efectos, las sociedades industriales han comenzado a reciclar los residuos que producen.

El proceso que siguen los residuos sólidos para su reciclaje es el siguiente:

1. - Recogida previa: Existen dos métodos:

a) Recogida selectiva.- Consiste en hacer una selección previa mediante contenedores, urbanos (vidrio, papel, pilas, plásticos, latas...) situados en sitios estratégicos de las grandes ciudades, industriales colocados en las grandes industrias (chatarras, baterías, madera, textil, neumáticos...).

b) Recogida no selectiva.- La separación se lleva a cabo en la propia industria transformadora y consiste en una serie de operaciones mecánicas (cribas, clasificador por corriente de aire, dispositivos de molienda, electroimanes etc.) mediante las cuales se separan los diferentes materiales

2. - Transporte: Es el trayecto desde la recogida hasta el depósito donde serán tratados los residuos.

3. - Tratamiento: Son los diversos métodos cuya finalidad es aprovechar o eliminar los residuos urbanos e industriales, se dividen:

Reutilización: Es la vuelta de los productos al ámbito comercial sin ser transformados.
Reciclaje: Recuperación de los materiales para reutilizarlos en el proceso de producción de los productos siempre que sea viable técnica y económicamente.
Compostaje: Material húmico que se elabora mediante la fermentación de desechos orgánicos de los residuos urbanos sólidos.
Recuperación energética: Aprovecha-miento de la energía de los residuos urbanos sólidos en forma de vapor o de electricidad.
Vertederos: Deposición de los residuos restantes que van a parar a vertederos controlados o incontrolados. Estos residuos pueden ser enterrados o incinerados sin ningún tipo de aprovechamiento energético.

Materiales Reciclables

La importancia de reciclar, lo ponen de manifiesto, no sólo las causas indicadas con anterioridad, sino datos como:

- Un pañuelo de papel tarda tres meses en degradarse.
- Una cerilla usada o un resto de manzana tarda seis meses.
- Una lata de refresco, mas de diez años.
- Una tonelada de papel reciclado ahorra la tala de 14 árboles, 50.000 litros de agua y 3 barriles de petróleo.
- Reciclar vidrio puede prevenir incendios (efecto lupa)
- Las pilas son los residuos más contaminantes (una pila botón adultera 600.000 litros de agua).

Los materiales más comunes que se reciclan son:

Aceites industriales	Materias primas
Aceites vegetales	Metal
Automóvil	Neumáticos y caucho
Baterias	Pilas
Disolventes	Plásticos
Envases y embalajes	Reprografía y ofimática
Madera	Textil y vidrio

La importancia del reciclado se pone de manifiesto, en los siguientes materiales:

Metales

La producción, de una parte importante, de los minerales en estado virgen es de los procesos más contaminantes. Comenzando con la extracción de las minas, donde se requiere la remoción de grandes cantidades de tierras que contaminan el agua y el aire. Seguido por la concentración y fundición de minerales, proceso que suele generar contaminantes que se incorporan al agua y al aire. Por último estos procesos requieren gran cantidad de energía.

La recuperación de virutas, recortes, piezas, de metales tales como aluminio, cobre, cinc, hierro, plomo, cadmio, mercurio etc. permite reciclar estos materiales con los consiguientes beneficios, no sólo económico sino medioambientales y sociales. La recuperación y posterior reciclaje de materiales adquieren especial importancia para el aluminio, hierro y metales tóxicos, por su elevado ahorro energético o impacto ambiental.

ALUMINIO

Cuando Charles Martín Hall y Paul L.T. Héroult, de modo independiente desarrollaron el proceso para la obtención del aluminio en 1886, no podían imaginar hasta qué punto este metal llegaría a resultar imprescindible en numerosas aplicaciones.

Hoy, a las puertas del siglo XXI, es el metal no férreo más utilizado. Cerca de 25 millones de toneladas se consumen cada año en el mundo en envases, automóviles, aviones, edificios, maquinaria y miles de productos que nos rodean, obtenidos cada vez más a partir de aluminio reciclado.

El aluminio es el metal más abundante, y por ello ocupa el tercer lugar como elemento de la corteza terrestre (7,5% en masa). No se encuentra en forma elemental en la naturaleza; su mineral principal es la bauxita ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$). La ortoclasa ($KalSi_3O_8$), la criolita (Na_3AlF_6) y el corindón (Al_2O_3) son otros minerales que contienen aluminio.

El proceso Hall consiste en obtener aluminio por reducción a partir del óxido de aluminio anhidro o corindón, dicho óxido se obtiene generalmente a partir de la bauxita.

En el reciclado del aluminio se ahorra hasta el 91% de la energía al producirlo a partir de chatarra (compárese la energía necesaria para reciclar 1 mol de Aluminio, 26,1 kJ con la energía necesaria para producir 1 mol de Aluminio por electrólisis, 297 kJ). También su aprovechamiento resulta económico en todos los países para la industria de la recuperación. En estos momentos se está reciclando todo el aluminio que se produce como recorte durante la fabricación de productos, el 90% del empleado en el automóvil y maquinaria y una parte importante del resto del aluminio. A nivel mundial ya se reciclan más del 50% de los botes de bebidas.

La recuperación de virutas, recortes, piezas, de metales tales como aluminio, cobre, cinc, hierro, etc. permite reciclar estos materiales con los consiguientes beneficios, no sólo económicos sino medioambientales y sociales.

En algunos países, el reciclado del aluminio, viene impuesto por la legislación y se gestiona a través de consorcios o sistemas obligatorios. En otros países, en cambio, esta actividad es voluntaria. Los métodos más comunes para reciclar se desarrollan a través de organizaciones voluntarias que recuperan botes para destinar su valor a algún proyecto, bien sea de calidad o medioambiental, programas escolares que combinan la faceta educativa del reciclado con la posibilidad de destinar lo obtenido a viajes, campamentos, o cualquier otra actividad escolar.

La iniciativa puede venir también de los Ayuntamientos que ven simplificada la labor de recogida de residuos al disponer de uno de ellos que tiene un valor apreciable.

El proceso de reciclado del aluminio se lleva a cabo de la siguiente manera:

· En primer lugar la chatarra es seleccionada: es decir, separada de otra chatarra no aprovechable por la industria del aluminio.
· En segundo lugar se lleva a grandes cubetas donde se le comunica el calor necesario para llevar la chatarra a su punto de fusión (660ºC) más el calor de fusión (10,7 kJ/mol), alcanzando un valor total de energía de 26,1 kJ/mol.
Este método de reciclaje presenta las siguientes ventajas:

- Ahorra energía: Se ahorra hasta el 91% de la energía al producir el aluminio a partir de la chatarra, en comparación con la producción a partir de bauxita.
- Evita residuos: El 100% puede ser reciclado.
- Recupera su valor: No cambian sus características al refundir la chatarra: el metal obtenido se puede volver a convertir en botes con las mismas propiedades o bien en cualquier otro producto de alta calidad, y el proceso se puede repetir indefinidamente.
- Otras ventajas: Los productos de aluminio son muy ligeros y muy fáciles de transportar. Tampoco se rompen, arden ni se oxidan, por lo que constituye un residuo de fácil manejo.

HIERRO Y ACERO

Los Altos Hornos son el primer eslabón en la producción de hierro, donde el mineral de hierro se convierte en hierro metálico. El hierro obtenido en

los altos hornos es una materia prima no un producto acabado. Para ser útil tiene que ser convertido en hierro colado o en acero. El hierro colado se produce mediante la refundición de lingotes de hierro (hierro fundido en moldes y enfriado), ajustando cuidadosamente las proporciones de carbono, silicio y demás elementos que entran en la aleación.

La mayor parte del hierro tratado en los altos hornos se convierte en acero, reduciendo considerablemente su contenido de carbono. En 1857 el ingeniero inglés Henry Bessemer descubrió una forma muy económica de eliminar el carbono del hierro fundido. En el procedimiento Bessemer, se inyecta aire combinado con algo de carbono a través del hierro fundido, eliminando el monóxido de carbono y el dióxido de carbono. También se oxida parte del hierro, que entonces se combina con el silicio y el manganeso para formar la escoria. En tan sólo 15 minutos se convierten en acero varios centenares de toneladas de hierro.

En la década de 1860, un grupo de ingenieros inventó un proceso mucho más lento y más controlable: el procedimiento de Horno de Solera, que permitía el reciclado de materiales de hierro. En este procedimiento se utiliza gas de carbón de baja concentración para calentar hierro fundido en un horno poco profundo. Los cambios químicos son los mismos que en el convertidor Bessemer, pero el procedimiento tiene la ventaja de que se puede añadir chatarra de hierro a la mezcla.

La disponibilidad de chatarra reciclable es un factor muy importante a la hora de determinar el proceso más adecuado para la fabricación de acero. No toda la chatarra procede de productos que han llegado al final de su existencia. En las propias fabricas de acero se genera mucha chatarra con el material que no alcanza el nivel requerido. Por otra parte, los recortes de la industria vuelven a las acerías para su reprocesamiento.

Todo esto dio origen al procedimiento LD (abreviatura de Linz-Donawitz), en el que se insufla oxígeno casi puro a través de una lanza sobre la superficie del hierro fundido. El proceso es rápido y puede absorber hasta un 20% de chatarra, a la vez que produce un acero de alta calidad.

Para los aceros más caros incluidas las aleaciones y los aceros inoxidables, se utilizan Hornos de Arco Eléctrico. El calor lo proporcionan tres electrodos de carbono al aproximarse a una mezcla de chatarra con los elementos de adición propios de cada aleación. El hecho de que los hornos eléctricos puedan fundir cargas constituidas en su totalidad por chatarra es una gran ventaja en los países desarrollados, donde el acero reciclado representa una gran proporción de la producción total.

Baterías

El peligro principal de las baterías, tanto las de uso casero como las de los automóviles, está en los metales pesados que se usan como sus electrodos. Entre ellos figuran el mercurio, el cadmio, el plomo y otros metales tóxicos. Las baterías podrían recogerse para recuperar los metales que contienen. De esta manera se reduciría el riesgo de que lleguen a la tierra o al agua y se limitaría también la necesidad de extraer estos metales de sus fuentes naturales. Una alternativa para reducir los desechos de baterías es mediante el uso de baterías recargables. Su vida útil es más prolongada, por lo que contribuye a reducir el volumen de desperdicios. No obstante, este tipo de baterías tiene la desventaja de que, por lo general, está hecho de metales que son más tóxicos que las baterías no recargables.

Casi todas contienen mercurio, un metal peligroso que se filtra en la tierra, pudiendo llegar a las aguas subterráneas y a los alimentos que se desarrollan nutriéndose del suelo. El ser humano y los animales que consumen estos alimentos contaminados, se envenenan con el mercurio que está disuelto en ellos.

Una sola pila común es capaz de contaminar la cantidad de agua que necesita una familia durante toda su vida; una micropila de mercurio puede llegar a contaminar 600.000 litros de agua. Se estima que el 95% de las pilas comunes, el 93% de las alcalinas y el 70% de las micropilas (pilas botón) que se consumen, terminan en la bolsa de

♦♦

El peligro principal de las baterías, tanto las de uso casero como las de los automóviles, está en los metales pesados que se usan como sus electrodos. Entre ellos figuran el mercurio, el cadmio, el plomo y otros metales tóxicos.

♦♦

basura que más tarde van a parar al basurero municipal. Es decir, a la tierra.

Al descomponerse la capa protectora que las recubre, se liberan los metales que contienen fundamentalmente el mercurio, un metal peligroso que se filtra en la tierra, llega al agua de las capas subterránea y la contaminan en distinta medida. Entre las consecuencias que puede ocasionar este elemento figuran daños en el sistema nervioso, fallos renales, trastornos gastrointestinales, pérdida de vista y oído y hasta la muerte.

Pilas de Óxido de Mercurio

Son utilizadas en los audífonos o aparatos de electromedicina. Su formato generalmente es de pastilla o botón y contienen más del 30% de mercurio. Son las más nocivas.

Pilas de Niquel-Cadmio

Son utilizadas en relojería, fotografía etc. Por su contenido ejercen una presión sobre el medio ambiente, sobre todo si son incinerados, ya que por inhalación el Cd es cancerígeno.

La reutilización de los elementos y la eliminación de todo peligro futuro de contaminación es uno de los objetivos primordiales que persiguen todas las tecnologías desarrolladas hasta el momento. Para reciclar estos elementos se siguen los siguientes pasos:

- Separación de los distintos materiales.
- Tratamientos para aislar el metal.
- Introducción del metal en grandes cubetas donde se somete al metal a elevadas temperaturas hasta alcanzar su punto de fusión.
- Recuperación del metal para nuevas aplicaciones.

Para la neutralización de los efectos nocivos de las pilas se colocan junto a las pilas un agente químico estabilizante que elimina, por medio de una reacción, las características peligrosas de los componentes de cualquier pila o batería.

Se han encontrado tres agentes estabilizantes que neutralizan el plomo, mercurio, cadmio y ácido sulfúrico, principales contaminantes de las distintas pilas que existen en el mercado.

Para el plomo actúa como agente neutralizador los sulfuros de sodio Na_2S:

$$Na_2S + Pb^{2+} \text{---->} PbS + 2\ Na^{+}$$

Para el ácido sulfúrico H2SO4, el agente estabilizante es Na(OH):

$$H_2SO_4 + Na(OH) \text{--->} Na_2SO_4 + 2\ H_2O$$

Para el cadmio el agente estabilizante es Na_2CO_3:

$$Cd^{2+} + Na_2CO_3 \text{--->} CdCO_3 + 2Na^{2+}$$

Para el mercurio el agente estabilizante es Na2S:

$$Hg^{2+} + Na_2S \text{--->} HgS + 2Na^{2+}$$

Colocando como neutralizadores o estabilizadores Na_2S, Na(OH) y Na_2CO_3 en partes iguales tendremos la seguridad de inhibir a los elementos contaminantes de cualquier tipo de pila o batería sin necesidad de realizar clasificaciones de las mismas, a veces dificultosas por el estado de deterioro de su cubierta o por los riesgos de su manipulación.

Zinc

La recuperación del zinc comienza a alcanzar valores importantes en el volumen de materiales de zinc utilizados y recuperados.

Básicamente el proceso comienza con la mezcla de los polvos de acería con coque y arena. Esta mezcla se introduce en el horno rotativo Waelz donde, a unos 1.200 °C, el zinc y el plomo contenidos en la carga se reducen primero a zinc y plomo metálicos que luego se volatilizan. Se forma en su interior el óxido de zinc / plomo, denominado Waelz, que sale por la boca del horno arrastrado por los gases residuales. El óxido Waelz, se capta después en forma de polvo en el precipitado electrostático.

Como subproducto se extrae una escoria inerte que es transformada en Ferrosita, producto con múltiples aplicaciones como árido y material de relleno en la industria de la construcción.

Los nuevos procesos de producción de zinc y óxido de zinc exigen alimentaciones limpias, libres de componentes halógenos y alcalinos. La planta de lixiviación permite obtener un óxido Waelz, de elevada pureza y concentración en zinc, apto para su tratamiento por vía hidrometalúrgica.

La eliminación de las impurezas presentes inicialmente en el óxido Waelz, como el cloro, flúor, sodio y potasio, se realiza a través de un proceso de lixiviación en medio carbonatado a pH constante.

Dicha lixiviación tiene lugar en dos etapas y se lleva a cabo con un estricto control medioambiental y de la calidad del producto.

En la planta de briqueteado el óxido Waelz en polvo se somete a un proceso de aglomerado en caliente para formar briquetas que facilitan su manipulación y transporte, haciéndolo comercialmente más atractivo.

Estas briquetas son la materia prima de los hornos de primera fusión donde se extraen el zinc y el plomo.

PLÁSTICOS

Los plásticos son compuestos derivados del petróleo que se producen a partir de resinas muy variadas. Estas resinas, producidas de materia cruda por industrias químicas, sirven como materia prima para aquellas que producen el plástico. Las resinas se pueden obtener en formas diversas: granuladas, en polvo, líquidas o en pastas. La industria del plástico normalmente moldea estas resinas mediante la aplicación de calor, para lograr el producto terminado. Las resinas más usadas en la industria de empaques plásticos son el polietileno (este polímero existe en dos formas, una de alta densidad HDPE, y otro de baja densidad, LDPE), el cloruro de polivinilo (PVC), el polipropileno (PP), poliestireno (PS) y polietileno tereftalato (PET) (las siglas responden a sus nombres en inglés). A estos polímeros se añaden aditivos químicos que les dan propiedades específicas de donde derivan su utilidad concreta.

Los residuos plásticos representan alrededor del 7% en peso de los residuos domésticos, pero suponen un 20% en volumen. En particular, su aplicación como envases y embalajes conllevan un importante consumo de plásticos de vida útil muy corta (aproximadamente un año).

Los plásticos, en contraste con el papel, no se degradan por acción del tiempo y/o los microorganismos. En otras palabras, los residuos plásticos, generalmente, no son biodegradables y por ello contribuyen a una contaminación visual y química del medio ambiente. No obstante, actualmente se fabrican algunos plásticos que incorporan componentes como por ejemplo almidón, que son biodegradables; la degradación inicial del almidón por ciertos microorganismos ocasiona la formación de estructuras porosas que aceleran los procesos de oxidación y disminuyen su resistencia mecánica facilitando su pulverización. Existen también plásticos fotodegradables que en su fabricación incorporan en las cadenas del polímero compuesto que son sensibles a la luz, de modo que su exposición prolongada a la luz ultravioleta de la radiación solar provoca su degradación. Desafortunadamente, el elevado precio de estas alternativas impide su utilización masiva.

Actualmente, alrededor del 10% de los residuos plásticos se incineran, aunque presenta el inconveniente de la posible emisión de algunos gases tóxicos, en función de las características químicas de los plásticos incinerados, así como su relativo coste.

La opción de reciclar residuos plásticos es, sin duda, más atractiva. Para la etapa inicial de separación se utilizan las distintas propiedades de los diferentes tipos como por ejemplo la densidad, aunque en algunos casos como el poliester y PVC, muy utilizados

en la fabricación de botellas, sus densidades son similares y su separación es difícil por esta vía. Otra opción se basa en el hecho de su diferente solubilidad en disolventes orgánicos a distintas temperaturas.

Una vez separados los diferentes plásticos, se procede al reciclado, que puede ser mecánico, en el que se mantiene la estructura del polímero, o químico, en el que se degrada la estructura del polímero en productos de bajo peso molecular.

El Reciclado Mecánico se aplica a productos técnicos como piezas de automóviles o electrodomésticos, que en conjunto implican volúmenes relativamente pequeños comparados con los envases y embalajes que, debido a su eficacia y bajo peso, son de utilización masiva.

El Reciclado Químico o energético de los plásticos es objeto de notables mejoras tecnológicas, aunque su coste puede aproximarse al coste de las materias primas originales.

Otra tecnología disponible permite combinar todas las variantes del polietileno y polipropileno para producir otro plástico, poliolefina, con la cual se pueden producir recipientes. Su comportamiento es similar al del polietileno. Las resinas que se han mencionado, aquellas que se derriten al aplicárseles calor, también pueden procesarse por separado para producir resinas muy similares a la original. Los plásticos hechos de PET y HDPE son los casos más típicos de este tipo de reciclaje de resinas individuales. Evidentemente, para que ese proceso sea viable, los recipientes hechos de diferentes resinas tienen que ser separados. Se requiere además quitarle a los recipientes todo material contaminante, limpiarlos bien y desprender sus etiquetas.

Desde un punto de vista de economía energética, la opción reciclado frente a combustión debe tener en cuenta la energía consumida en la fabricación del plástico frente a la obtenida en su combustión. Si se consume más del doble de energía en la fabricación que la que se recupera en su combustión, la mejor solución es el reciclado.

Se estima que, debido a la aplicación obligatoria de varias normativas europeas, el reciclado de plásticos crecerá de modo importante en los próximos años concentrándose especialmente en el polipropileno, poliéster, poliestireno y PVC. Por ejemplo un elevado numero de piezas plásticas de los modernos automóviles son reciclables y la Unión Europea ha propuesto que, a partir del año 2002, los coches deberían ser reciclables al 80%.

Vidrios

El vidrio, utilizado principalmente para envasar líquidos, ha venido reduciéndose a la vez que se ha incrementado el uso del plástico. Dicho cambio se debe a dos características propias del plástico que le hacen superior al vidrio: el peso y la resistencia al impacto. El vidrio es mucho más pesado que el plástico y también muy quebradizo. Desde el punto de vista ambiental, sin embargo, el vidrio posee la cualidad única de que puede reusarse indefinidamente.

♦♦

El plástico posee dos características que le hacen superior al vidrio: el peso y la resistencia al impacto. El vidrio es mucho más pesado y también muy quebradizo. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental, el vidrio posee la cualidad única de que puede reusarse indefinidamente

♦♦

El vidrio se produce a partir de arena de cuarzo y otros materiales secundarios. El proceso incluye cuatro etapas: fundición, refinación y acondicionamiento, dar forma y templar. Todas ellas requieren un uso considerable de energía. El vidrio es 100% reciclable; un kilogramo genera un kilogramo de nuevo vidrio. Su fundición requiere menos calor que la fundición de las materias primas de las cuales se produce el vidrio. Por ello su reciclaje produce economías energéticas. Sin embargo, las mayores economías se obtienen volviendo a utilizar los recipientes ya elaborados, más que reprocesándolos. Los envases de vidrio poseen la ventaja de que pueden limpiarse y desinfectarse prácticamente sin afectar su calidad. Todo el proceso de generar nuevo material puede evitarse si se le da un trato adecuado a los recipientes para evitar que se rompan. Los envases rotos pueden ser reciclados con pérdidas mínimas. El rehuso de envases de vidrio evitaría los procesos de minería de las materias primas y su impacto contaminante, al tiempo que economizaría la energía gastada en su procesamiento.

NEUMÁTICOS DE AUTOMÓVILES

Otro componente importante de los desperdicios sólidos que generamos son las gomas de automóviles. Dada la dependencia excesiva que presentan las sociedades industrializadas del transporte individual, la cantidad de neumáticos que se desechan anualmente es enormemente alta. Importamos anualmente gran cantidad de neumáticos, de los cuales sólo una pequeña parte son reciclados. Estos últimos tienen una vida útil más corta por lo que llegan más rápido a los vertederos. La acumulación de neumáticos usados presenta peligros de incendio y promueve la proliferación de mosquitos con sus consecuencias en la propagación de enfermedades. Los neumáticos de automóviles desechados pueden usarse de diversas maneras. Sirven para crear arrecifes artificiales, colocarse como bordes de paisajes o para controlar la erosión de los suelos. También pueden recubrirse para usarlas nuevamente en los automóviles. Igualmente pueden someterse a pirólisis (proceso químico a altas temperaturas en ausencia de oxígeno para evitar que se quemen) para producir aceite, combustible, carbón pulverizado, acero y fibras de vidrio. Otra opción consiste en pulverizar las gomas para convertirlas en asfalto o usarlas como materia prima en la elaboración de otros productos de goma.

♦♦

Los neumáticos de automóviles desechados pueden usarse de diversas maneras. Sirven para crear arrecifes artificiales, colocarse como bordes de paisajes, o para controlar la erosión de los suelos.

♦♦