



**TESIS DE GRADO  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROBLEMÁTICA DEL NEUMÁTICO FUERA DE  
USO  
Reciclado y posterior aplicación industrial y  
comercial**

**Autor: Juan Martín Vignart  
Legajo: 44256**

**Director de Tesis: Félix Jonas**

**2010**



## RESUMEN EJECUTIVO

La fabricación constante de neumáticos y la dificultad para desecharlos después de usados, constituye uno de los problemas medioambientales más serios de los últimos años en el mundo. Deshacerse de forma limpia de los neumáticos inservibles no es fácil. Por ejemplo, en los rellenos sanitarios, por su forma, se acumulan gases, y estos emergen a la superficie, rompiendo las membranas. La quema directa provoca la emisión a la atmósfera de gases y partículas nocivas, y como la combustión en hornos de alta calidad que garanticen un mínimo de emisiones tiene alto costo, año tras año, toneladas de neumáticos acaban abandonados en campos y cunetas, o almacenados en vertederos.

Los objetivos del proyecto son comenzar a desarrollar una solución ambiental para los neumáticos en desuso en el país y encontrar algún modelo de negocio que permita transformar los neumáticos desechados en materia prima para nuevos productos.

Para ello, se examinarán las aplicaciones tecnológicas existentes para la implementación de las técnicas conocidas y las más recientes, sus condiciones y repercusiones, tanto medioambientales como económicas, lo cual posibilitaría la ejecución de un proyecto innovador de aprovechamiento de residuos.

Se hará un diagnóstico situacional del país, y se evaluará la óptima localización de un centro de reciclaje, tomando en cuenta tanto factores geográficos como situacionales.

A su vez, se realizará un estudio de una Planta de Tratamiento y Reciclado de Neumáticos, propuesta por el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) para reaprovechar el producto final en la fabricación de otros productos industriales. Se realiza un estudio económico del mismo, evaluando la factibilidad económica de dos posibles tecnologías disponibles.

Finalmente a partir de toda la información estudiada y recolectada, se realizan conclusiones y sugerencias para el tratamiento del tema en la Argentina.

## **EJECUTIVE SUMMARY**

The constant production of tires, and the difficulty of their disposal, is one of the most important environmental problems of the last years. Getting rid of them in a clean way isn't easy. For instance, when buried in waste lands, due to their shape, they accumulate gases and emerge to the surface, breaking the membranes. The direct combustion of them causes the emission of contaminating gases and harmful particles, and as the combustion in high quality cement kilns that guarantee a minimum of contamination has a high cost, every year tons of tires end up abandoned in the street and in fields, or end up in tire piles.

The main objectives of the project are to start to develop an environmental solution for end of life tires in the country, and find a business model that permits the transformation of tires into useful material for other industrial uses.

To do so, the existing technological alternatives will be examined, considering their environmental and economic conditions and impact, in order to allow the execution of an innovative project of recycling.

A full diagnostic of the country's situation will be done, and the optimal location of a recycling center will be evaluated, considering geographic and situational factors.

Also, a study of a Tire Treatment and Recycling Plant, proposed by the INTI (Industrial Technology National Institute) will be conducted. An economic study will be done, considering two possible technologies.

Finally, from all the information collected and studied, a series of conclusions suggestions for the tire treatment problematic in Argentina will be mentioned.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Neumáticos en desuso, su destino .....	1
1.2 Soluciones .....	1
1.2.1 Sistemas de recolección y recupero de neumáticos desechados .....	2
1.3 Propuesta preliminar de reciclado de neumáticos.....	4
1.4 Objetivos del proyecto.....	4
1.5 Justificación del proyecto .....	4
1.6 Beneficios del proyecto .....	5
1.7 El mundo enfrenta el problema .....	5
1.7.1 España .....	5
1.7.2 Brasil.....	7
1.7.3 El neumático desechado y la industria cementera .....	9
1.7.3.1 Chile.....	9
1.7.4 Argentina .....	10
1.7.4.1 Ford de Argentina impulsa nueva forma de reciclaje de neumáticos .....	12
<b>2. ESTADO DE SITUACIÓN .....</b>	<b>15</b>
2.1 Origen del neumático .....	15
2.2 Búsqueda de soluciones útiles.....	15
2.3 NFU: obtención de materias primas.....	16
2.3.1 Caso español.....	16
2.3.2 Datos estadísticos en el mundo:.....	19
2.3.2.1 Posibilidades tecnológicas de reutilización y valorización de NFU .....	21
2.3.3 Algunas propuestas sobre gestión de NFU.....	23
2.4 Sistemas de tratamiento para los NFU .....	23
2.5 Neumáticos convertidos en energía eléctrica.....	24
2.6 Experimentación en asfalto de la Ciudad de Buenos Aires.....	24
2.7 Problema pendiente .....	25
<b>3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>27</b>
3.1 Hacia la rentabilidad del reciclaje.....	27
3.1.1 España .....	27
3.1.1.1 La Comunidad de Madrid podrá transformar los residuos en energía para abastecer a 370.000 familias al año.....	27
3.1.1.2 Comunidad de Valencia .....	29
3.1.1.3 Sistema integrado español.....	30
3.1.1.4 Polvo de NFU en carreteras.....	30
3.2 América latina .....	31
3.2.1 Noticia desde Brasil.....	33
3.2.2 Noticia desde México .....	34
3.2.3 Noticia desde El Salvador.....	36
3.2.4 Noticia desde Perú .....	39
3.2.5 Noticia desde Chile.....	40
3.2.6 Noticia desde Uruguay .....	40
3.2.7 Noticia de Argentina .....	41
3.2.7.1 Gestión integral de neumáticos de descarte .....	42
3.2.7.2 Modelo de gestión.....	43

3.2.7.3 Pavimento del autódromo de departamento de Río Hondo (Santiago del Estero, Argentina) .....	44
<b>4. SOLUCIÓN PROPUESTA .....</b>	<b>47</b>
4.1 Reciclaje de NFU .....	47
4.1.1 Mezclas bituminosas con polvo de caucho.....	47
<b>5. RESULTADOS O VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL.....</b>	<b>51</b>
5.1 Estimación de producción y locación de una planta.....	51
5.2 Ingeniería .....	60
5.2.1 TECNOLOGIA KAHL.....	65
5.2.2 Análisis Económico .....	72
5.3 Análisis de combustibles alternativos.....	82
<b>6. CONCLUSIONES y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>85</b>
<b>7. ANEXO.....</b>	<b>89</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>107</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Neumáticos en desuso, su destino

La gravedad de la contaminación causada por los combustibles fósiles hace menos visible el daño ambiental originado por los vehículos automotores: los neumáticos inservibles, cuya degradación natural puede demorar siglos. La fabricación constante de neumáticos y la dificultad para desecharlos después de usados, constituye uno de los problemas medioambientales más serios de los últimos años en el mundo. Deshacerse de forma limpia de los neumáticos inservibles no es fácil. La quema directa, por ejemplo, provoca la emisión a la atmósfera de gases y partículas nocivas, y como la combustión en hornos de alta calidad que garanticen un mínimo de emisiones tiene alto costo, año tras año, toneladas de neumáticos acaban abandonados en campos y cunetas, o almacenados en vertederos. Además del derroche que supone no aprovechar un material en cuya fabricación se invirtieron ingentes cantidades de energía: **para fabricar una rueda de camión hace falta medio barril de petróleo.**

La llamada "guerra de los neumáticos" en Brasil refleja la preocupación por el destino de ese desecho en muchos países tropicales en desarrollo. Los neumáticos son criaderos ideales del mosquito transmisor del dengue, pues contienen durante largo tiempo el agua de lluvia.

En España, se pretende acabar con el vertido de neumáticos aplicando las 3R del reciclado: **reducir, reutilizar y reciclar.**

La acumulación de neumáticos fuera de uso en la Argentina - cálculo basado en los volúmenes de producción destinada al mercado interno y a las importaciones - supera las 100.000 toneladas anuales, de las cuales 38.000 corresponden a la Capital y el Gran Buenos Aires.

Como existen métodos para lograr el reciclaje serían necesarias políticas que favorezcan su recolección y, también, industrias dedicadas a la recuperación o eliminación limpia de los componentes peligrosos de gomas de vehículos y maquinarias.

### 1.2 Soluciones

- Los materiales que se obtienen del tratamiento de los residuos de neumáticos, una vez separados los restos aprovechables en la industria, pueden ser usados como parte de los componentes de las capas asfálticas que se utilizan en la

construcción de carreteras, para la protección de laterales de los barcos en pantanales, como aislantes de vehículos, losetas de goma, materiales de fabricación de tejados, pasos a nivel, cubiertas, masillas, moquetas, aislantes de vibración y alfombras.

- Usos deportivos: campos de juego, suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta. Las utilidades son numerosas y crecientes: cintas de freno, compuestos de goma, suelas de zapato, bandas de retención de tráfico, compuestos para navegación o pisos para reemplazar areneros.

Actualmente, es posible utilizar diversos métodos para la recuperación de neumáticos y la destrucción de sus componentes peligrosos. El sistema de tratamiento puede convertir los neumáticos en energía eléctrica, o en materia prima para distintas aplicaciones.

### **1.2.1 Sistemas de recolección y recupero de neumáticos desechados**

Las formas de encarar este problema en el mundo varían, pero generalmente se utilizan tres sistemas principales de gestión, o sus combinaciones. Los sistemas son los siguientes

#### **1) Responsabilidad de la industria de neumáticos.**

Los fabricantes de neumáticos (a menudo en colaboración con los distribuidores y minoristas) asumen la responsabilidad de los sistemas de gestión para la recuperación y el reciclado o la eliminación de NFU (Neumáticos Fuera de Uso), así como la financiación de éstas en función del número de unidades vendidas en ese país. Estos sistemas suelen ser administrados por una asociación sin fines de lucro. La mayoría de las veces se cobra un canon al momento de la venta original, lo que aumenta la concientización del público del programa y los fondos de las actividades.

En algunas regiones, los fabricantes de neumáticos han promovido a los NFU como un recurso y, en consecuencia, han perseguido de manera activa sistemas de responsabilidad asociada al productor. La mayoría de los países de Europa tienen actualmente estos sistemas, que representan más del 50% del volumen NFU. Las sociedades de gestión de NFU organizan la recolección y recuperación, participan en actividades de investigación y desarrollo de nuevas vías de recuperación, en contacto con las autoridades locales, cumplen con las obligaciones de informar y promover la introducción de normas de productos. Además, la Asociación de Fabricantes de Caucho y Neumáticos (ETRMA por su sigla en inglés: European Type & Rubber Manufacturers Association) ha

creado "El Grupo de los neumáticos usados" para promover el principio de NFU como un recurso y proponer los reglamentos y directrices para su adecuada gestión.

En Japón, sobre la base de "La Ley Fundamental para el establecimiento de un sólido ciclo de la Sociedad de Materiales", la Asociación Japonesa de Fabricantes de Neumáticos para Automóviles Inc. (JATMA: Japan Automobile Tyre Manufacturers Association Inc.) promueve las 3R - Reducir, Reutilizar y Reciclar - con sus comisionados para coordinar la recolección y recuperación, y fomentar la investigación y el desarrollo. JATMA también ha puesto en marcha un programa para la eliminación del legado de los sitios de acumulación de pilas de neumáticos.

En Corea los fabricantes e importadores pagan una tasa de depósito que se devuelve si recogen los neumáticos. Brasil exige a los importadores demostrar la disposición de cubiertas 20% más por año que lo que importa. Administración de sistemas (a menudo con la participación de los organismos de medio ambiente del gobierno) también existe en Sudáfrica y en alrededor de la mitad de las provincias canadienses. Nigeria y Turquía también han comenzado la administración de sistemas y Rusia está actualmente considerando propuestas.

## **2) Responsabilidad del gobierno y la comunidad**

Impuestos específicos se recaudan sobre las ventas de neumáticos, financiado por los contribuyentes y o también con ingresos fiscales generales. Los gobiernos a menudo han tenido un papel directo en los programas de limpieza. En los EE.UU., muchos estados tienen programas activos para limpiar acumulaciones de cubiertas existentes y eliminar la creación de otras nuevas. Organismos administrados por el estado, responsables de NFU se han establecido en la mitad de las provincias canadienses no cubiertos por los sistemas de gestión. La industria y otras partes interesadas están involucradas, con frecuencia.

Croacia, Dinamarca, Letonia y la República Eslovaca también han adoptado los sistemas de impuestos.

## **3) Enfoque de mercado libre**

Las empresas operan de forma independiente. Si procede la existencia de infraestructuras, estas empresas pueden organizar el reciclaje y la recuperación de los beneficios comerciales con NFU. Austria, Alemania, Irlanda, Nueva Zelanda, Suiza, el Reino Unido y los EE.UU., operan sobre los principios del libre

mercado. Estos países suelen tener leyes en materia de transporte, uso, eliminación y almacenamiento de NFU. Los fabricantes de neumáticos y otros involucrados en la industria, participan voluntariamente en los sistemas.

En los EE.UU., los fabricantes de neumáticos trabajan en conjunto a través de la Asociación de Fabricantes de Goma (RMA) para promover la gestión responsable y desarrollar mercados de NFU. Se presta, además, asistencia técnica a los futuros usuarios de NFU para ayudarlos a obtener las aprobaciones necesarias del gobierno y para estimular a los nuevos usuarios.

### **1.3 Propuesta preliminar de reciclado de neumáticos**

Diagnóstico situacional:

- Dificultades para hacer desaparecer los neumáticos una vez usados, provocando contaminación ambiental.
- Ausencia de políticas que favorezcan la recogida y la implantación de industrias dedicadas a la tarea de recuperar o eliminar, de forma limpia, los componentes peligrosos de las gomas de los vehículos y maquinarias.
- Tecnología de reciclado sofisticada, costosa y específica.

### **1.4 Objetivos del proyecto**

- Desarrollar una solución ambiental para los neumáticos en desuso (todo tipo de vehículos).
- Desarrollar un proceso de negocio que permita transformar los neumáticos desechados en materia prima para nuevos productos.

### **1.5 Justificación del proyecto**

- Contribuir a resolver un problema ambiental alarmante.
- Controlar la eliminación de neumáticos en desuso.
- Transformar un residuo contaminante en un bien útil.
- Aprovechar la existencia en el país de capacidad tecnológica para implementar una planta de reciclaje.
- Considerar la rentabilidad del negocio desde el punto de vista empresarial
- Recordar que los neumáticos no son biodegradables.
- Proponer una disposición final ambientalmente adecuada, para evitar que los neumáticos se acumulen en rellenos sanitarios, mares, ríos, lagos, terrenos baldíos, desiertos, o se quemen inapropiadamente.
- Tener en cuenta incendios como amenaza de alta probabilidad.

- Instalar la posibilidad de focos infecciosos y transmisión de enfermedades (dengue, fiebre amarilla, paludismo, etcétera).

## 1.6 Beneficios del proyecto

- Valorar los residuos (valor agregado)
- Crear fuentes de desarrollo
- Generar empleos (especialmente mano de obra de baja calificación)
- Sustituir importaciones
- Liberar suelo productivo
- Eliminar consecuencias ambientales del acopio de neumáticos
- Generar conciencia ambiental, mediante la sensibilización de la comunidad.
- Provocar inquietud por legislar respecto del tema.

El procedimiento propuesto permitiría una ocupación más eficiente de terrenos sanitarios y la aplicación de los triturados, por ejemplo, como combustible alternativo al gas en los hornos cementeros (contribuyendo a paliar el déficit de gas), como ingrediente en la mezcla de asfaltos para caminos, como aditivo del piso de canchas de césped sintético o para la fabricación de otros productos a partir del polvo de goma.

## 1.7 El mundo enfrenta el problema

### 1.7.1 España<sup>1</sup>

En España dejan de rodar más de 10 millones de neumáticos al año. Darles el tratamiento adecuado para que vuelvan a hacerlo, reciclarlos o emplearlos como combustible, son algunos de los objetivos del Plan Nacional de Neumáticos

---

<sup>1</sup> <http://www.miliarium.com/Legislacion/residuos/estado/>. Resolución de 8 de octubre de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 5 de octubre de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso, 2001-2006. "Respecto a la Directiva sobre Vertido de Residuos, se trata de una ambiciosa Directiva que tiene algunas menciones explícitas de los NFUs y ciertas consecuencias indirectas que afectarán a su gestión en el futuro. En su artículo 5 esta Directiva establece la prohibición del vertido de NFUs enteros a partir del tercer año de su entrada en vigor y la prohibición del vertido de los neumáticos troceados a partir del sexto año. A estos plazos habría que añadir el plazo establecido para su transposición al Derecho Interno; este plazo es de dos años, por lo que, de hecho, la entrada en vigor de estas prohibiciones tendrá lugar los días 16 de julio de 2003 y 16 de julio 2006".

Fuera de Uso 2001-2006 (PNNFU), que prohibiría a partir de enero de 2003 su vertido. Según el Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM), el impacto ambiental de los neumáticos que acaban en el campo o en vertederos como destino final, constituyen el 82,8% de las 250.000 toneladas de neumáticos fuera de uso (NFU) que se generan cada año.

Reutilizar los neumáticos es posible desde hace años mediante el recauchutado, proceso que consiste en sustituir la vieja banda de rodadura por otra nueva. Los neumáticos recauchutados son de calidad similar a los nuevos y más baratos, y su consumo es habitual en Dinamarca, Holanda y Alemania. Como esta opción nunca ha gozado de la confianza de los conductores españoles, en los últimos años, los fabricantes han optado por neumáticos de larga duración no recauchutables. El PNNFU prevé que la homologación obligatoria de las empresas del ramo aumente las garantías de esta actividad.

Las posibilidades en el reciclaje de neumáticos son variadas. Con los neumáticos enteros se construyen arrecifes artificiales, puertos, refuerzos de taludes y muros de contención. Una vez troceados y granulados, los restos de neumáticos sirven para usos muy diversos: construcción de pistas deportivas, vías o revestimientos de pavimentos; fabricación de moquetas, calzado, zapatillas para frenos y material deportivo.

Las carreteras cuyo asfalto contiene caucho reciclado como aditivo son hasta cinco veces más resistentes y de mejor adherencia y cada día se descubren nuevas utilidades para los neumáticos gastados. Sirva como ejemplo el desarrollo que el Instituto de Acústica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), ha proyectado para la utilización del caucho reciclado en pantallas acústicas.

Los neumáticos nuevos incorporan un máximo de un 5% de goma reciclada, cantidad que podría aumentarse sin dificultad hasta valores del 30%, con el consiguiente ahorro energético: para producir un kilo de caucho virgen se necesita invertir casi tres veces más energía que para la producción de un kilo de goma reciclada. El aprovechamiento directo de la energía contenida en los neumáticos puede hacerse mediante incineración o a través de la fabricación de un combustible especial llamado, precisamente, Combustible Derivado del Neumático o CND (TDF en inglés). Pero es una opción que el PNNFU autoriza sólo cuando sea imposible otro tratamiento.

En España, se generan anualmente unas 250.000 toneladas de neumáticos fuera de uso, de las que sólo se recicla el 1,5 %. El 11,1 % se destina a recauchutado; el 4,6%, a valorización energética; y el 82,8% acaba abandonado o

depositado en vertederos. Según el MIMAM, los vertederos españoles almacenan entre tres y cinco millones de toneladas de neumáticos.

El PNNFU establece como objetivos el reciclado de al menos un 25% en peso de los neumáticos y el recauchutado un 20% antes del 1 de enero de 2007. Desde el 1 de enero de 2003 quedó prohibida su eliminación (vertido o incineración) sin recuperación energética. Se aconseja a los consumidores que, cuando la profundidad del dibujo de los neumáticos sea inferior a 1,6 milímetros, es tiempo de cambiarlos y que, cuando se retiren las cubiertas, sean llevadas al taller para que acaben sus días en una planta de reciclaje y se elige neumáticos recauchutados o con un alto contenido en goma reciclada. Si no es posible, que sean neumáticos de vida larga, porque consumen menos gasolina.

### 1.7.2 Brasil<sup>2</sup>

En 1998 en el mundo se encontraban desechados de forma inadecuada entre 3.000 y 4.000 millones de neumáticos. Cada año se producen 800 millones nuevos, manifiesta el secretario ejecutivo de la Asociación Nacional de la Industria de Neumáticos de Brasil. Estados Unidos y la Unión Europea concentran más de la mitad de esa producción. El simple descarte, especialmente en Europa, sería inviable por falta de espacio.

Debido a las razones anotadas, se investigaron soluciones como el reciclado de los neumáticos usados y su uso en la producción de energía y en la construcción. Pero el principal destino son los vertederos subterráneos, donde los europeos desechan 39% del total de neumáticos usados y los estadounidenses, 31%, según las asociaciones de recicladores. Sólo se acepta esta salida ante la ausencia de alternativas económicamente viables, según el Convenio de Basilea, acuerdo referido al tráfico internacional de desechos tóxicos, vigente desde 1992, al que adhieren 130 países. Entre otros riesgos de estos depósitos se cuenta la emisión de gases contaminantes, ocurrida en Gales, Gran Bretaña, donde la quema de un vertedero, en el cual yacían 10 millones de neumáticos, se prolongó por 10 años.

La exportación es el destino de 11% de los neumáticos usados de Europa y 5% de los de Estados Unidos. Es una forma de "exportar basura" y transferir el problema, según las autoridades ambientales brasileñas, que prohibieron la

---

<sup>2</sup> <http://www.tierramerica.net/2002/0407/noticias4.shtml> "Neumáticos contra la naturaleza", en *Noticias*, por Mario Osava (2005).

importación tanto de neumáticos usados como de los recauchutados (recubiertos de caucho para volver a utilizarlos).

La medida logró reducir las importaciones, pero no ponerles fin. Uruguay logró en 2003 la reapertura del mercado brasileño a sus neumáticos recauchutados tras un fallo de un tribunal del Mercado Común del Sur (Mercosur) y la Unión Europea intensificó las presiones con el mismo objetivo.

La importación bajó de 3,4 millones de neumáticos recauchutados en 1998 a menos de un millón en 2000, mientras la de usados sin recauchutar cayó de 6,1 millones en 1996 a 2,4 millones en 2001, según datos oficiales.

Los neumáticos usados son utilizados en Brasil, entre otros fines, para la destilación de combustibles, en un proceso que ahorra materias primas como el petróleo y genera empleos, dijo Francisco Simeao, presidente de la Asociación Brasileña de la Industria de Neumáticos Reamoldados.

Simeao acusó a las autoridades ambientales de someterse a los intereses de las empresas transnacionales que dominan el mercado nacional del sector, Goodyear, Firestone y Pirelli.

El Consejo Nacional de Medio Ambiente, que reúne a delegados del gobierno nacional y los locales, de organizaciones ambientalistas y otros representantes de la sociedad, ratificó el veto a esas importaciones, señalando que la industria de reforma debe utilizar neumáticos usados nacionales.

Simeao argumentó que los neumáticos usados europeos son los únicos con la calidad adecuada, dadas las exigencias del mercado local y la mayor velocidad permitida en sus carreteras. Tegani (Ministerio de Medio Ambiente), en cambio, indicó que las fábricas brasileñas exportan un tercio de su producción, incluso a Europa, lo cual constituye una prueba de calidad. En su opinión, la importación es estimulada por los bajos precios ofrecidos por quienes procuran desprenderse de los desechos, mientras Brasil debe afrontar el costo de la recolección de sus neumáticos, agregó.

La resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente es "pionera en el mundo", pues define a los responsables y sus obligaciones, observó Tegani. La meta fue eliminar un cuarto del total de neumáticos vendidos (2001), proporción que se elevaría a la mitad en 2003 y a la totalidad en 2004. En 2005, la eliminación debería ascender a 125% de las ventas.

A la industria le corresponderá evitar que 7,5 millones de neumáticos sean simplemente arrojados, pues produce cerca de 45 millones de unidades al año y exporta un tercio. Treinta millones se venden dentro del país, informó Tegani.

El programa no tendrá costo para el consumidor, a diferencia de Europa y Estados Unidos, donde la recolección, almacenamiento y transporte de neumáticos corresponde al comprador. Las empresas que los aprovechan como materia prima deberán absorber los costos, en los planes de la Asociación Nacional de la Industria de Neumáticos.

El uso como combustible en calderas industriales, trituración para uso en pavimentación de carreteras y conversión en petróleo industrial o gas son las grandes alternativas de reaprovechamiento, descartándose su desecho en vertederos. En cualquier caso el paso inicial es picar los neumáticos, lo cual debe realizarse con rapidez para facilitar el almacenamiento y evitar el dengue, sostuvo Tegani. Cien millones de neumáticos inservibles están desechados al aire libre en Brasil, calculó el Ministerio de Medio Ambiente. Tegani cree que la cantidad puede ser menor, porque no existen registros de todas las formas de reaprovechamiento.

Los ambientalistas, tienden a ver un "pasivo ambiental" mayor. El país consume cada año cerca de 40 millones de neumáticos, sumando la producción nacional y las importaciones. Cien millones de neumáticos pueden haber sido desechados en pocos años, argumentó Karen Suassuna, coordinadora de la campaña de residuos tóxicos de Greenpeace en Brasil.

### **1.7.3 El neumático desechado y la industria cementera**

La industria cementera en Estados Unidos y México han adoptado la incineración de residuos, tanto líquidos como sólidos, en sus hornos. Esta práctica ha recibido la aprobación de las autoridades ambientales de diversos países. La "valorización energética", que podría servir como alternativa ecológica a la dependencia continua de combustibles fósiles y como mecanismo idóneo para la eliminación de una amplia gama de residuos no biodegradables, en particular de neumáticos desechados, puede convertirse en un negocio rentable.

#### **1.7.3.1 Chile**

Las principales barreras que han impedido generalizar la técnica del uso de neumáticos desechados en la industria cementera chilena son:

1° para el caso en que se requiere el trozado previo de los neumáticos, las ventajas en los costos son marginales frente a los combustibles tradicionales (carbón, coque, petróleo, gas, fuel-oil); y

2° no existen antecedentes de la fiabilidad y suministros de neumáticos desechados, lo cual asocia un riesgo, en términos de la recuperación de la inversión en las modificaciones que resultan necesarias de practicar al horno rotatorio.

En los proyectos abordados, la industria cementera chilena ha demostrado estar preocupada por la disponibilidad de suministros continuos de neumáticos en cantidades suficientes y a precios razonables. Por lo general las empresas de cemento no desean involucrarse en la recolección de neumáticos, prefiriendo externalizar este servicio a un proveedor responsable de su recolección y entrega.

#### **1.7.4 Argentina<sup>3</sup>**

“La Comisión Permanente de Trabajo para el Reciclado de Neumáticos Usados, coordinada por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) desde 2003, señala como objetivos "la evaluación y desarrollo de las diversas propuestas logísticas y tecnológicas de reutilización de neumáticos al fin de su vida útil, y la promoción de la Legislación Ambiental específica.”

Participan la Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland (AFCP), el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), la Federación Argentina del Neumático (FAN), la Asociación Reconstructores Argentinos de Neumáticos (ARAN), la Federación Argentina de la Industria del Caucho (FAIC), la Cámara Argentina de Reconstructores de Neumáticos (CAR), la Cámara de la Industria del Neumático (CIN) y las empresas Bridgestone/Firestone Argentina S.A., Fate S.A., Neumáticos Goodyear S.R.L., Michelin Argentina S.A. y Pirelli Neumáticos S.A.

En esta dirección, la Comisión articuló a los distintos actores públicos y privados vinculados al tema para proponer un modelo de gestión y de legislación consensuado. En este grupo de trabajo participan el Programa de Reciclado Industrial y de Medio Ambiente del INTI, el Centro INTI-Caucho, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SayDS), la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), la Asociación de Fabrican-

---

<sup>3</sup> <http://www.faneumatico.org.ar/noticia01.htm>. Federación Argentina del neumático.

tes de Cemento Pórtland (AFCP), el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), la Federación Argentina del Neumático (FAN), la Asociación Reconstructores Argentinos de Neumáticos (ARAN), la Federación Argentina de la Industria del Caucho (FAIC), la Cámara Argentina de Reconstructores de Neumáticos (CAR), la Cámara de la Industria del Neumático (CIN) y las empresas Bridgestone/Firestone Argentina S.A., Fate S.A., Neumáticos Goodyear S.R.L., Michelin Argentina S.A. y Pirelli Neumáticos S.A.

Asimismo brindan su apoyo las áreas ambientales de los Gobiernos de la Ciudad y de la Provincia de Buenos Aires.

Dicha Comisión se dedicó a profundizar, actualizar y evaluar el estado de situación de la disposición final de neumáticos usados en el mundo; las restricciones internacionales que los países fueron aplicando al tránsito e ingreso de neumáticos usados en sus territorios para evitar el aumento de sus pasivos ambientales; la situación interna de Argentina respecto del tema; el tratamiento de los neumáticos recauchutados y usados en las negociaciones internacionales de Argentina y el Mercosur; proyectos de reciclado de neumáticos; la evaluación de disponibilidad por región y nacional; proyectos de utilización como aporte energético y la factibilidad técnico-económica de una planta modular de reciclado de neumáticos usados, definiendo tamaños, inversiones y tecnologías.

La Comisión realizó a su vez estudios logísticos, seleccionando una propuesta operativa para el área metropolitana. El primer resultado concreto de este trabajo es la licitación pública que el CEAMSE debía encarar.

En este proceso, el INTI se encargó de reunir a los actores involucrados en el proyecto y de gestionar ante el CEAMSE, en representación de todo el grupo de trabajo, la participación y concreción del actual llamado a licitación como ejemplo y modelo testigo para trasladar a otras regiones del país. Asimismo colaboró en la redacción de los pliegos de la licitación y brindó asesoramiento en las áreas técnicas de la misma. Junto con el CEAMSE, el INTI será el encargado de revisar la aprobación de las licitaciones a adjudicar como co-evaluador técnico y realizará además auditorías técnicas a la planta recicladora.

Por su parte, el Directorio del CEAMSE aprobó los pliegos de la licitación para instalar la planta recicladora, la que se concretará con aportes privados. A la fecha, el INTI tiene registradas unas 15 empresas privadas nacionales y extranjeras con contactos en el país interesadas en esta licitación.

De la planta construida a partir de este proyecto se podrán obtener distintos productos, para diversas aplicaciones:

- Producto proveniente del neumático en una primera etapa de trozado, sin separación de tela y metal. De esta manera puede servir, por ejemplo, como combustible para cualquier tipo de caldera u horno que esté adaptado para quemar residuos sólidos sin contaminar el medio ambiente.
- Separando las partes del neumático se obtienen metal y residuos textiles reciclables, además de polvo de goma de diferentes granulometrías con el que se pueden obtener productos varios, como por ejemplo: alfombras para piso, lomos de burro, amortiguación en canchas de césped sintético (éstas utilizan casi 100 Tn. por cada una), plásticos cargados, picaderos para caballos de carrera (se comprobó que con polvo de goma los caballos tienen menos riesgo de conjuntivitis), pisos de goma y asfaltos (contribuye fundamentalmente a la disminución de ruido y permite aumentar su durabilidad), entre otros.

Actualmente existen empresas con equipos portátiles que realizan el trozado primario en el lugar de depósito, lo que facilita su traslado hasta el lugar de disposición final, permitiendo de esta forma transportar mayor cantidad de neumáticos por camión. Esta modalidad resulta una buena alternativa para evitar la instalación de plantas de tratamiento fijas donde no se justifique la inversión y para llegar a zonas poco pobladas del interior del país”<sup>4</sup>.

#### **1.7.4.1 Ford de Argentina impulsa nueva forma de reciclaje de neumáticos<sup>5</sup>**

Ford Motor Company, que trabaja con la Universidad Varsity de Ann Arbor, ha proporcionado fondos destinados a proyectos atléticos que usan material hecho de neumáticos reciclados incluso neumáticos de colección de Ford y distribuidores Lincoln-Mercury. Esto forma parte del esfuerzo de la compañía para asegurarse que los millones de neumáticos no terminen en los vertederos de basura. Durante años pasados, Ford sostuvo una alianza con el Grupo de Tecnología de Recuperación, una organización que se especializa en la toma de viejos neumáticos y convertirlos en una sustancia conocida como "miga de goma" ("rubber crumb"). Esta sustancia, es aplicada a superficies como caminos, campos atléticos, arenas de equitación terapéuticas y otras aplicaciones ambientalmente sustentables.

"Estamos comprometidos a tomar neumáticos que están fuera de servicio y darles un uso positivo para el medio ambiente," explica Andy Acho, Director Mundial de Iniciativa y Estrategia Ambiental de Ford Motor Company. "Quere-

---

<sup>4</sup> Fuente: INTI. Marzo 5, 2007

<sup>5</sup> [www.mundoautomotor.com.ar/web/2007/11/30/ford](http://www.mundoautomotor.com.ar/web/2007/11/30/ford)

mos ser un catalizador para aumentar la demanda del uso ambientalmente sustentable de neumáticos en desuso", agrega.

La miga de goma es la sustancia creada cuando los neumáticos desechados son triturados, criogenizados y golpeados en pedazos. Después, poderosos imanes y aspiradoras quitan los cinturones de acero y fibras, el producto final tiene un contenido de goma más puro que los neumáticos, siendo más suave que otras superficies atléticas tradicionales. Es también más resistente y duradera que las superficies naturales y no es tóxica.

Este esfuerzo de reciclaje de Ford, comenzó en 1990 con la creación del Equipo de Acción de Reciclaje. Informalmente conocido como "la Patrulla de RATA" ("RAT Patrol") ha trabajado por más de una década activamente en el desarrollo e implementación del uso de materiales reciclados para el post-consumidor, incluso plástico y goma en los vehículos. Estos materiales son desarrollados con un sentido comercial también, en muchos casos, con mejor performance que los productos tradicionalmente utilizados. En años recientes, Ford ha trabajado con el apoyo de la Agencia de Protección de Medio Ambiente, el Departamento Estadounidense del Transporte y otras organizaciones para financiar más de 130 proyectos de miga de neumático en Estados Unidos y Canadá. Hasta donde informa la literatura, los proyectos han usado más de 9 mil toneladas de goma de miga.

Los Premios Ford Motor Company a la Conservación y el Medio Ambiente son parte de su política medioambiental, que incluye iniciativas como los Premios a la Conservación y el Medio Ambiente, programa que financia proyectos a nivel mundial relacionados con la Conservación del Patrimonio y Cuidado del Medio Ambiente. Compromiso asumido, además, en los términos de la Responsabilidad Social Empresaria (RSE).

A partir de los datos existentes sobre los volúmenes de neumáticos de desecho, se elaborará una propuesta de gestión integral de este residuo. En ella se evaluarán las condiciones en cuanto a disponibilidad de recursos para su posterior transformación y transferencia.

El presente trabajo tiene por objetivo, entonces, determinar las posibilidades económicas de explorar el nicho de mercado que ofrece la recolección y posterior reciclaje de neumáticos desechados para abastecer a distintos sectores, haciendo interesante y rentable la inversión en aseo industrial. Para ello, se examinarán las aplicaciones tecnológicas existentes para la implementación de las técnicas conocidas y las más recientes, sus condiciones y repercusiones,

tanto medioambientales como económicas, lo cual posibilitaría la ejecución de un proyecto innovador de aprovechamiento de residuos.

## 2. ESTADO DE SITUACIÓN

### 2.1 Origen del neumático<sup>6</sup>

"Químicamente el caucho es un polímero, compuesto de macromoléculas formadas por la unión de varias moléculas, más pequeñas y sencillas. Sirve también de base para la fabricación de plásticos por parte de la industria química"<sup>7</sup>.

El caucho es, entonces, un producto natural elaborado a partir del látex, resina blanca lechosa que se obtiene de la corteza del árbol de caucho. Si bien es originario de Brasil, las semillas fueron llevadas a Inglaterra en 1876 y de allí exportadas a otras zonas bajo dominio británico, determinando que hoy las principales plantaciones -un 90% del mercado mundial- se encuentren en el sudeste asiático, principalmente en Malasia. Las utilidades de esta materia prima eran pocas, en principio. Fue el comerciante de ferretería Charles Goodyear (1800-1860) quien descubrió que, mezclándolo con azufre y calentándolo, se evitaba que fuese tan pegajoso cuando estaba caliente y tan rígido cuando enfriaba. A partir de este proceso llamado vulcanización, comenzaron a fabricarse diversos productos: aislamiento de cables eléctricos, mangueras, cintas transportadoras y, principalmente, cubiertas para transporte de automóviles, camiones, aviones, etcétera. Michelin en Francia, Dunlop en Inglaterra y Goodrich en Estados Unidos, fabricaron las primeras cubiertas para automóviles.

Los fabricantes de neumáticos han mostrado poco interés en la recuperación, porque la goma que se puede obtener de las cubiertas gastadas es poca y de calidad inferior. Además, a la industria le resulta más barato recurrir a la materia prima virgen que a la reciclada. A esto se le agregan los problemas originados por la quema, generadora de humos que contaminan el aire y de un material aceitoso que contamina el agua y los suelos; el peligro de incendio en caso de almacenarlos; el gran volumen y la difícil manipulación que originan en los vertederos, donde se ha constatado que muchas veces suben a la superficie luego de enterrados; y la facilidad de acumular agua (si no son perforados), agua que, estancada, favorece la proliferación de insectos transmisores de enfermedades.

### 2.2 Búsqueda de soluciones útiles

Encontrar soluciones útiles para los neumáticos desechados es una preocupación para los que luchan por la preservación del medio ambiente. Los índices

---

<sup>6</sup> [http://www.somosamigosdelatierra.org/13\\_curiosidades/basura/basura\\_02.htm](http://www.somosamigosdelatierra.org/13_curiosidades/basura/basura_02.htm)

<sup>7</sup> *Enciclopedia Temática Guinness*. Tomo II. p. 231 y ss.

de reciclaje están aumentando, pero no lo suficiente para evitar que las cubiertas aparezcan abandonadas o depositadas en los vertederos.

Hace tiempo, el mercado de los neumáticos en países industrializados, aceptó y difundió la práctica del recauchutado, que se ha ido perdiendo desde que los fabricantes elaboran neumáticos de larga duración, no recauchutables. Sin embargo, sigue siendo la mejor solución respecto del medio ambiente, se ahorra materia prima (petróleo, acero y fibras sintéticas), y se reduce el número de neumáticos que acaban en el vertedero.

## **2.3 NFU: obtención de materias primas**

### **2.3.1 Caso español**

Actualmente España carece de un sistema de gestión de Neumáticos Fuera de Uso (NFU), Código CER 160103, único o generalizado. Tampoco existe, por ahora, una normativa específica que regule este residuo, aunque le es de plena aplicación la Ley 10/1998, de Residuos<sup>8</sup>. (Anexo 1)

En los últimos años algunas Comunidades Autónomas han tomado ciertas iniciativas con vistas a mejorar la gestión ambiental de los NFU. En la Comunidad Autónoma de Andalucía se han promovido acuerdos tendientes a la suscripción de convenios de cooperación entre la Administración Regional y los Entes Locales, para la gestión de los NFU. Convenios semejantes funcionan en otros municipios, como Málaga<sup>9</sup> y Jerez, y en este marco la Junta de Andalucía suministra molinos trituradores que son explotados por las autoridades locales. En estos convenios se prevén algunas metas de carácter ecológico relativas a la valorización, pero no se dispone todavía de datos cuantitativos al respecto. En el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Urbanos de Andalucía,

---

<sup>8</sup> de Miguel Perales, Carlos, "Ley 10/1998, de residuos: posesión, propiedad y otras cuestiones de derecho civil" en *La Ley*: Revista jurídica española de doctrina, jurisprudencia y bibliografía, ISSN 0211-2744, N° 1, 2002, pp. 1797-1812.

<sup>9</sup> <http://www.urbalmalaga.com>. "Para la ciudad de Málaga la coordinación de la Red nº 6 de URB-AL "Medio Ambiente Urbano" tiene una especial significación ya que su modelo de crecimiento económico impulsado desde los primeros años sesenta fue, precisamente, ajeno a las necesidades ambientales del medio urbano y de la población que lo habitaba. El proceso de dotación de servicios e infraestructuras que se inició en la década de los ochenta, combinado con las nuevas propuestas de Planeamiento Estratégico, la adopción de una Carta Verde de la ciudad, la elaboración de una Agenda propia, y la obtención de varias distinciones por los trabajos realizados en los últimos años, entre los que destaca el Premio de Buenas Prácticas de las Naciones Unidas, han ido fomentando la idea de que el desarrollo urbano integra ámbitos económicos, sociales y territoriales, y que la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos va ligada a lo que conocemos como desarrollo sostenible".

se contempla la recuperación del 100 % de los NFU usados (2005), el recauchutado del 25 %, la utilización directa del 10 %, la valorización del 50 % y la eliminación del 15 %.

En el Plan Integral de Residuos de la Comunidad Autónoma de Canarias se prevé la instalación de una trituradora en Tenerife con vistas a la obtención de granza valorizable como aditivo de asfaltos; para ello se contempla un Plan de Investigación específico. La Comunidad Autónoma de Castilla y León ha diseñado un sistema de recolección y gestión de NFU con vistas a la aplicación a este tipo de residuos de la legislación básica estatal y la comunitaria. En esta iniciativa se incluyen instrumentos de carácter económico para la creación de un mercado ordenado de NFU y un control estadístico e informativo de las actividades de gestión. Todo ello ha sido incluido en el Decreto 59/1999, de 31 de marzo, y sus modificatorias. En el caso de Cataluña la normativa vigente exige la gestión de NFU contemplando la valorización material y la valorización energética como modalidades de gestión. En 2001 la Generalidad de Cataluña acordó con el Gremio de Neumatiqueros la cesión de una máquina trituradora para iniciar la gestión de los neumáticos. Actualmente, existen varios gestores autorizados lo que permite avanzar en la consecución de los objetivos expuestos.

En 1999, la Comunidad Autónoma de La Rioja llevó a cabo un estudio sobre la gestión de NFU y las posibilidades de mejorarla, teniendo en cuenta los objetivos ecológicos contenidos en un documento de la UE de 1994 (capítulo 1.4). Aunque se desconoce si ha sido aprobado formalmente como Plan de Gestión de NFU, son destacables algunas de sus conclusiones, en particular el modelo de gestión que se propone, basado en la reutilización por recauchutado de una cuarta parte de los NFU, y la valorización energética de otro 65 %. Asimismo, propone la implantación de un sistema de tasas a pagar por el poseedor del neumático, para cofinanciar las actividades de gestión. Como resultado de esta experiencia, se creó una empresa dedicada a la gestión de NFU, que lleva a cabo dos tipos de valorización: Recauchutado en aquellos neumáticos usados que lo admiten y valorización energética mediante la fabricación de un combustible derivado del neumático.

El Plan Integrado de Gestión de Residuos de la Comunidad Autónoma de Navarra (diciembre, 2000), se plantea los mismos objetivos incluidos en la Directiva 99/31 tomando como base las 3.178 toneladas de NFU generados en 1997 en su territorio.

“Galicia contará con una planta de reciclaje de neumáticos fuera de uso en el parque empresarial de Curtis -Teixeiro, en el concello de Curtis, A Coruña, que tendrá capacidad para tratar más de 31.000 toneladas de neumáticos al año.

La planta no utilizará procesos de incineración para el tratamiento de los neumáticos, sino un proceso de trituración puramente mecánico. Así, los productos resultantes son de alta calidad y están limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. (...) El plazo de ejecución previsto es de 12 meses y un presupuesto estimado de 11.892.004 euros, podrán tratar neumáticos procedentes de turismos, camiones, motos e otro tipo de vehículos, que tengan un peso medio de 27,25 kilogramos.

El anteproyecto prevé la construcción de una nave con una dimensión aproximada de 4.550 metros cuadrados. En el interior contará con cuatro zonas diferenciadas para el tratamiento, zona de criogenización, incluida la zona de almacenamiento de producto intermedio, zona de ampliación para mejoras tecnológicas y zona de almacenamiento del producto final.

En la planta se procederá, en una primera fase, al troceado de los neumáticos, de camión y turismo. En la segunda fase, el granulado específico de primera fase se tratará en un proceso de molido criogénico de modo que el material quede molido al tamaño requerido, separando además los materiales extraños del polvo final<sup>10</sup>.

También se han llevado a cabo algunas experiencias de criogenización y obtención de granza fina en el País Vasco y en Madrid, con vistas a la valorización de los materiales contenidos en los NFU.

Aun con estos proyectos y experiencias, todos positivos y reveladores de la preocupación que las autoridades responsables tienen acerca de la correcta gestión de los NFU, en la práctica, la gestión de estos residuos es insatisfactoria, sobre todo teniendo en cuenta que está en vigor la Ley 10/1998, de Residuos, que introduce en el Derecho español una serie de principios de filosofía ecológica que aplica también a los NFU.

Sintetizando puede decirse que la gran mayoría de los NFU originados en España se gestiona de la siguiente manera:

- Gran parte son recogidos por los servicios municipales o comarcales, o son transportados directamente por los talleres, a los vertederos públicos locales o comarcales en donde son depositados directamente o previa molienda. - Pequeñas cantidades de NFU recogidos por los talleres son recauchutados.
- Otros, son recogidos gratuitamente por chatarreros, en los grandes talleres y mayoristas cantidades significativas de NFU, con vistas a la separación de los

---

<sup>10</sup> Diario Oficial de Galicia, DOG, 27/11/2008.

recuperables para recauchutado o reutilizables en mercados de segunda mano, depositándose el resto en vertederos incontrolados o ilegales.

### **2.3.2 Datos estadísticos en el mundo:**

En la tabla 2.1 figuran las estimaciones disponibles del volumen de NFU generados en varios países.

	Millones de NFU generados por año (excluyendo exportaciones y retratamientos)	De aquellos neumáticos que no se retratan o exportan, se destinan a:			De aquellos neumáticos que no se retratan o exportan, se destinan a:		Año	Fuentes
		Recupero de energía (%)	Usos de ingeniería civil o recuperado de material (%)	Rellenos sanitarios, pilas de neumáticos, u otros (%)	Recupero de energía (%)	Usos de ingeniería civil o recuperado de material (%)		
EEUU	292	53	33	14		2005	Estimaciones basadas en data proveniente de Rubber Manufacturers Association (RMA)	
Europa	250	41	43	16		2006	Estimaciones basadas en data proveniente de European Tyre & Rubber Manufacturers' Association (ETRMA) Europe (EU 27 plus Norway and Switzerland)	
China	112	n/a	n/a	n/a			Various newspaper articles including Recycling Today and Hong Kong Trade Development Council	
Japon	80	70	15	15		2006	Estimaciones basadas en data proveniente de Japan Automobile Tyre Manufacturers Association Inc. (JATMA)	
Mejico	30	0	90	10		2004	"Mexico pays cement industry to burn scrap tires" <a href="http://www.ecoamericas.com/en/story.aspx?id=569">www.ecoamericas.com/en/story.aspx?id=569</a>	
Brasil	27	69	13	18			Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	
Korea del Sur	23	77	16	7		2003	Korea Tire Manufacturers Association (KOTMA)	
Canada	22	20	75	5		2003	Pehlken A. and E. Essadiqi, Scrap Tire Recycling in Canada, 2005.	
Australia	20	22	8	70		2006	URS, Market Failure in End-of-life Tyre Disposal, report for the Department of Environment and Heritage, September 2006 (see also <a href="http://www.environment.gov.au/settlements/waste/tyres/index.html">www.environment.gov.au/settlements/waste/tyres/index.html</a> ).	
Malasia	14	n/a	n/a	n/a			What to do with old tires? Lim J.	
Sud Africa	12	n/a	n/a	n/a		2003	"Fixing a Tyred Environment", Die Burger, 6 April 2003	
Iran	10	n/a	n/a	n/a		2006	Iran daily newspaper online ( <a href="http://www.iran-daily.com/1385/2586/html/focus.htm">/www.iran-daily.com/1385/2586/html/focus.htm</a> )	
Israel	7	n/a	n/a	n/a		2003	Ministry of the Environment, Israel "Waste Tires : A Case Study", Environmental e-bulletin September 2003, Issue 2 (see also <a href="http://www.swva.gov.il">www.swva.gov.il</a> )	
Nueva Zelanda	4	0	15	85			Estimaciones basadas en data proveniente de "Product Stewardship Case Study for Endof- Life-Tyres" by URS for the Ministry of the Environment (NZ) 2006	
Argentina	12	n/a	n/a	n/a		2007	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)	

Tabla 2.1 - Estimaciones disponibles del volumen de NFU generados en varios países

Tipo	Peso [kg]	% en peso				
		Caucho y elastómeros	Negro de carbono	Metal (acero)	Textil	Aditivos y otros
Automóvil	7 (entre 6,5 y 9)	48	22	15	5	10
Vehículos pesados	55 a 80	43	21	27	0	9

TABLA 2.2 - PNNFU (2001-2006). Composición media de los neumáticos usados en la UE (datos de composición en porcentaje)

En la tabla 2.3 se indican los pesos medios de los neumáticos utilizados en la Unión Europea.

Tipo de vehículo	Peso medio por neumático
Turismos ligeros	7 (6,5-9)
Vehículos semiligeros	11
Camiones	50
Grandes trailers: Mínimo	55
Grandes trailers: Máximo	55-80
Maquinaria agrícola	100
Maquinaria industria/construcción	100

TABLA 2.3 - PNNFU (2001-2006). Peso medio de los neumáticos utilizados en la UE (datos en kg)

### 2.3.2.1 Posibilidades tecnológicas de reutilización y valorización de NFU

Conociendo las posibilidades de reutilización y valorización de NFU, puede afirmarse lo siguiente:

- Las posibilidades de prevención en la generación de NFU, aunque limitadas, existen tanto para el fabricante (alargando la vida media de los neumáticos), como para los usuarios (mejorando la calidad de la conducción y el mantenimiento del neumático, en particular controlando su presión).
- El recauchutado y el recanalado (sólo en neumáticos de camión) es una posibilidad técnica aunque requiere la cuidadosa separación de los NFU en función de su grado de deterioro. La media de neumáticos recauchutados podría estar alrededor del 17 %, según la ETRA (European Tyre Recycling Association). En España se recauchuta un porcentaje muy alto

de los NFU de camión; por término medio un mismo neumático es recauchutado unas dos veces, lo que hace que pueda tener unos tres ciclos de vida. Se estima que en España se recauchuta un 14 %, aproximadamente. El volumen total recauchutado es superior, debido a las importaciones; el año 1998 se recauchutaron en España 9.200 toneladas de NFU en las tres empresas del sector existentes, de las cuales unas 6.300 toneladas eran de procedencia nacional. En la actualidad se están poniendo en marcha los Reglamentos de Homologación de Recauchutado (R 108 para neumáticos de turismos y R 109 ++ para los de camión). En el caso de los vehículos industriales es posible el reesculturado del neumático.

Las posibilidades de reciclaje y el aprovechamiento de los componentes materiales para usos distintos de la valorización energética, han experimentado un importante aumento. Aunque no hay disponibles datos recientes, en este punto la situación no ha variado mucho; en la tabla 2.4 figuran los datos disponibles a nivel español y europeo, de los que se deduce que existen posibilidades de aumentar el reciclaje de los NFU. Entre los posibles usos de los materiales reciclados procedentes de los NFU están los siguientes:

Destino	1999	%
Cantidad (Tm)	Porcentaje sobre el total reciclado	
Superficies deportivas y pavimentos de seguridad	181.301	39
Productos de consumo	97.624	21
Construcción	88.326	19
Asfaltos cauchutados	32.541	7
Vías de tren / tranvía	23.244	5
Otros usos	41.839	9
Total	464.875	100

**TABLA 2.4. PNNFU (2001-2006).** Destinos de materiales reciclados procedentes de NFU en la UE año 1999 (en tm y porcentaje)

- NFU troceados y granulados (granza): Para pistas deportivas, vías, revestimientos de pavimentos, aditivos para asfaltos, moquetas, calzado, frenos, muros anti-ruido, fabricación de nuevos neumáticos y de otros componentes del automóvil, edificios agrícolas, material deportivo, etcétera.

- Neumáticos enteros: Para arrecifes artificiales, puertos, obras de estabilización y refuerzo de taludes, muros de contención, campos de golf, y algunos otros.

Existe experiencia en la utilización como combustible de los NFU enteros o triturados, tanto en plantas de residuos como en otro tipo de plantas industriales (cementeras, ladrilleras). La pirólisis, la gasificación, la termólisis, el plasma y la despolimerización son otras opciones que, aunque poco utilizadas actualmente, podrían ser interesantes en algunos casos.

### 2.3.3 Algunas propuestas sobre gestión de NFU

Se van conociendo sugerencias y propuestas para la correcta gestión de los NFU. Entre ellas se destacan las recomendaciones del Grupo de Trabajo de la Unión Europea sobre NFU, presentadas en 1994, la Directiva relativa al vertido de residuos, recientemente aprobada, Directiva del Consejo 99/31/CE, la Directiva 2000/53/CE relativa a los vehículos al final de su vida útil (Vous) y la Directiva 2000/76/CE relativa a la incineración de residuos.

En lo que respecta a la Directiva sobre Incineración de Residuos, ésta aunque admite la coincineración en plantas energéticas y de producción, les impone los mismos niveles de emisión de gases contaminantes que a las plantas incineradoras; esta exigencia podría significar la imposibilidad técnica de valorizar energéticamente los NFU en las cementeras que utilicen hornos rotatorios de vía húmeda, en los que actualmente se valoriza el 20 % aproximadamente de los NFU españoles (unas 112.000 toneladas/año).

Esto obligaría a los Estados Miembros a recuperar y valorizar el 100 % de los NFU, sin duda.

## 2.4 Sistemas de tratamiento para los NFU

- **Termólisis:** somete a los materiales de residuos de neumáticos a un calentamiento en un medio sin oxígeno y se recuperan los compuestos originales del neumático (metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden volver a las cadenas industriales)

- **Pirólisis:** en fase de investigación, presenta problemas técnicos de separación de la cantidad de compuestos carbonados producidos. **Costoso.**

- **Incineración:** combustión de los materiales orgánicos del neumático a altas temperaturas. **Costoso, difícil de controlar y contaminante.** Genera calor que puede ser usado como energía (proceso exotérmico).

- **Trituración criogénica:** Necesita instalaciones complejas, lo cual disminuye la rentabilidad económica. El mantenimiento de la maquinaria y del proceso es difícil. La baja calidad de los productos obtenidos y la dificultad material y eco-

nómica para purificar y separar el caucho y el metal entre sí y de los materiales textiles que forman el neumático, ubica a este sistema como **poco recomendable**.

- **Trituración mecánica:** método de **menor costo**. Se logra mediante el corte y el desgarrado de los neumáticos, en trituradoras con cuchillas rotativas de varios tamaños. El proceso es puramente mecánico y los productos resultantes son de **alta calidad, limpios** de todo tipo de impurezas. Es, generalmente, el paso previo en los métodos de recuperación y rentabilización de residuos de neumáticos.

## 2.5 Neumáticos convertidos en energía eléctrica

Una vez preparados, en la planta de reciclaje o en otras instalaciones distribuidoras, los residuos se introducen en una caldera donde se realiza su combustión. El calor liberado provoca que el agua existente en la caldera se convierta en vapor de alta temperatura y alta presión que se conduce hasta una turbina. Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella producirá la electricidad, que tendrá que ser transformada posteriormente para su uso directo.

## 2.6 Experimentación en asfalto de la Ciudad de Buenos Aires

“Por una inquietud del gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, Autopistas Urbanas S.A. y del CEAMSE (Cinturón Ecológico Área Metropolitana-Sociedad del Estado) se presentó la posibilidad de realizar una prueba piloto empleando caucho molido de neumáticos en desuso como material componente de mezclas bituminosas. Los tramos experimentales se materializaron en un sector de la avenida Rivadavia en la ciudad de Buenos Aires. Con el aporte brindado conjuntamente por el Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial de la Universidad Nacional de La Plata (La PIV) y Repsol YPF, la iniciativa se concretó a finales del mes de septiembre. Esta experiencia persigue verificar la factibilidad de adoptar esta tecnología en el medio urbano, cuantificando además las posibles mejoras derivadas de la incorporación del caucho molido a las mezclas asfálticas”<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Delarze Díaz, Paulina. Trabajo de Tesis, “Reciclaje de neumáticos y aplicación en la construcción”. Universidad de Valdivia, Chile, 2008.

## 2.7 Problema pendiente

El destino último de los neumáticos fuera de uso no parece encontrar respuesta eficiente en el mundo. Su magnitud se ve reflejada en que sólo Estados Unidos genera por año más de 292 millones de neumáticos usados y la Unión Europea otros 250 millones. En ambas zonas el volumen del descarte es alto y la demanda de neumáticos recauchutados, baja, lo cual provoca el incremento de las dificultades en la disposición final.

A partir de las razones anotadas, parece esperable que en el corto plazo se incrementen las presiones para favorecer la exportación de los neumáticos fuera de uso, en forma directa o utilizando a terceros países para la reconstrucción de los cascos; es decir, tenderían a exportarse hacia los países en vías de desarrollo los neumáticos recauchutados, lo cual sería una forma de desprenderse del residuo.

La Argentina dispone de una holgada capacidad de procesamiento para recauchutar sus propios neumáticos usados, sin necesidad de recurrir a importaciones. Sin embargo, todavía está pendiente una gestión integral para su utilización como desecho y minimización de la disposición final. En este sentido, viene trabajando el INTI, en el marco de su programa de reciclado, con la activa participación del Centro INTI-Caucho junto con actores privados del sector del caucho y eventuales consumidores del material reciclado. Para ello, se ha conformado un grupo de trabajo permanente que desarrolla propuestas tecnológicas de recuperación y reutilización. Se ha sumado a este grupo promotor la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación; la iniciativa comprende la creación de un plan nacional de recuperación de neumáticos, el desarrollo de emprendimientos para el aprovechamiento de este desecho y la promoción de la legislación ambiental adecuada. El plan nacional contempla la confección de un análisis de las distintas regiones del país según los volúmenes de acumulación de unidades usadas, el sistema de recolección y clasificación, y los actores involucrados.

La generación de neumáticos fuera de uso en Argentina - cálculo basado en los volúmenes de producción destinada al mercado interno y a las importaciones - supera las 100.000 toneladas anuales, de las cuales 38.000 corresponden a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y al Gran Buenos Aires. Desde los datos existentes sobre los volúmenes de neumáticos de desecho, el grupo de trabajo ha elaborado una propuesta de gestión integral de este residuo, destinada, en principio, al área metropolitana. En ella, se evalúan las condiciones en esta zona geográfica en cuanto a la disponibilidad de recursos y se comprueba la necesidad de construir un centro de acopio de neumáticos usados

para su posterior transformación y transferencia. La propuesta de gestión contempla la logística de recolección de los neumáticos en desuso (separada del resto de los residuos) provenientes tanto de usuarios particulares como de empresas de transporte, gomerías, talleres de reconstrucción, etcétera. Luego, los neumáticos usados serían transformados en una planta industrial, en trozos de goma, con la granulometría adecuada para su utilización posterior.

Este procedimiento permitiría una ocupación más eficiente de los terrenos sanitarios y la aplicación de los triturados como combustible alternativo en los hornos cementeros, como ingrediente en la mezcla de asfaltos para caminos, como aditivo del piso de canchas de césped sintético o para la fabricación de otros productos a partir del polvo de goma. Se trata de impulsar un modelo tecnológico cuya gestión alcance a todo el país.

En cuanto a la legislación ambiental, el grupo de trabajo ha formulado el proyecto de ley Sistema Integral para el Manejo Ambientalmente Responsable de Neumáticos de Desecho, que será presentando ante el Poder Ejecutivo Nacional. Sus principios rectores intentan motivar el desarrollo de un sistema general para la manipulación de otros residuos.

La puesta en práctica de esta propuesta de gestión sostenible supondría el ordenamiento lógico de las distintas etapas que implican el manejo de cualquier residuo, partiendo desde la generación, acumulación, recolección, transporte y almacenamiento, hasta llegar a su tratamiento para reciclado o reutilización, o para su disposición final. El modelo de gestión surge de la articulación de los sectores público y privado con incorporación tecnológica. Su aplicación facilitaría el manejo responsable de los desechos para eliminarlos del paisaje urbano y rural del país, y ayudaría a acelerar su proceso de reciclaje<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Fuente: Publicación "SABER COMO" - INTI - <http://www.inti.gov.ar>. Contacto: Raúl Poliak

### 3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los neumáticos desechados constituyen, según lo comentado, un serio problema para el medio ambiente que no encuentra, de momento, soluciones eficaces a nivel global. El problema se complejiza en los países tropicales y subtropicales, donde proliferan insectos transmisores de enfermedades asociadas al estancamiento de aguas.

**Reducir, reciclar y reutilizar**, las 3R anotadas por España, aparecen como el camino más razonable. La posibilidad de convertir el neumático reciclado en comercializable como materia prima secundaria a precio competitivo, es el desafío.

#### 3.1 Hacia la rentabilidad del reciclaje

##### 3.1.1 España

###### 3.1.1.1 La Comunidad de Madrid podrá transformar los residuos en energía para abastecer a 370.000 familias al año

El Consejo de Gobierno aprobó la Estrategia de Residuos, que dispone de un presupuesto de 290 millones de euros hasta 2016. El Ejecutivo regional creará instalaciones para reutilizar, reciclar y aprovechar energéticamente cada tipo de residuo. La red de 67 puntos limpios de recogida selectiva de residuos se ampliará con ocho nuevas instalaciones al año<sup>13</sup>.

La Comunidad de Madrid creará instalaciones para reutilizar, reciclar o aprovechar energéticamente el 65% de todos los residuos que se generen en los hogares de la Región, según se contempla en la Estrategia de Residuos regional hasta 2016 aprobada hoy por el Consejo de Gobierno. Con el aprovechamiento energético de todos estos residuos se podría generar electricidad para abastecer a 370.000 familias durante todo un año, ya que con una tonelada de residuos se puede producir una media de 350 kilovatios/hora, y una familia consume al año una media de 3.500 kilovatios/hora. Es la primera región que crea un proyecto integral para gestionar los residuos de manera coordinada y

---

<sup>13</sup> [www.DESARROLLOINTELIGENTE.ORG](http://www.DESARROLLOINTELIGENTE.ORG), Comunicados Viernes, 19 de Octubre de 2007

adecuada. Además, entre las iniciativas recogidas en la Estrategia de Residuos del Gobierno regional se prevé ampliar la red de puntos limpios de recogida de residuos para su mejor selección.

**Coordinación de nueve planes:** La Estrategia de Residuos es una herramienta dirigida a hacer más eficiente la gestión de los desechos mediante la coordinación de nueve planes distintos que prevén medidas concretas para gestionar los residuos urbanos, industriales, aquellos procedentes de la construcción, los de aparatos eléctricos y vehículos en desuso, materiales aislantes, neumáticos fuera de uso, todos precedentes de depuradoras y descontaminación de suelos. El importante crecimiento socioeconómico de Madrid en los últimos años se está logrando con el mayor grado de protección medioambiental alcanzado con iniciativas como ésta y redundará en un aprovechamiento más eficiente de los residuos. Las nuevas y modernas infraestructuras de reutilización, reciclado y valorización energética, lo permiten.

**Ningún residuo sin tratamiento:** La Estrategia de Residuos de la Comunidad de Madrid propone que todos los residuos que actualmente se gestionan en la región sean reutilizados, reciclados o valorizados en plantas de tratamiento, mejorando así su gestión y aprovechamiento. Este proyecto prevé la puesta en marcha de programas de divulgación y sensibilización ciudadana, el impulso de convenios con el sector empresarial que ayuden a minimizar la producción de residuos, así como el fomento de la investigación y el desarrollo (I+D). Para cumplir el objetivo el plan prevé incentivar la construcción de plantas de clasificación en los vertederos de residuos urbanos y de residuos procedentes de la construcción y demolición, existentes actualmente en la región.

**Asfaltar con neumáticos:** Se fomentará la creación de centros de despiece y aprovechamiento de vehículos y aparatos eléctricos en desuso. También se impulsarán convenios con el sector privado para el fomento de la investigación y el desarrollo (I+D) que permita la transformación de los neumáticos fuera de uso en nuevos materiales que facilitarán su reutilización. El aprovechamiento de los neumáticos fuera de uso previstos en 2016 permitiría asfaltar hasta 590 kilómetros de carretera convencional, a razón de 7.200 neumáticos por cada kilómetro.

El plan regional de lodos permitirá mejorar las técnicas de compostaje ya existentes para la creación de abonos orgánicos a partir de los lodos procedentes de las depuradoras, y el plan de descontaminación de suelos ayudará tanto a

la prevención de nuevas contaminaciones, como a la agilización de los trabajos de localización y limpieza de este tipo de terrenos. Y respecto a los residuos industriales, el plan prevé medidas para el tratamiento y aprovechamiento energético de un mayor volumen de estos desechos. Aquellos residuos que no pueden ser reutilizados – industriales peligrosos y aislantes- serán eliminados.

**Más puntos limpios:** La Comunidad ampliará la actual red de 67 puntos limpios de recogida de residuos incentivando la construcción anual de ocho nuevos puntos de recogida durante los próximos años. Los puntos limpios sirven para recoger los materiales contenidos en los residuos urbanos que son susceptibles de un reciclaje directo, consiguiendo con ello un ahorro energético y de materia primas, así como una reducción del volumen de residuos que es necesario tratar o eliminar<sup>14</sup>.

### 3.1.1.2 Comunidad de Valencia

La empresa Pirorec, viene proyectando la ampliación de su planta trituradora de Valencia a otras tres en España y estudia establecer un formato de franquicia para las plantas fuera de la Comunidad. En estos casos, la intención es convocar a socios locales conocedores del sector de los neumáticos en cada país y los sistemas de aprovechamiento. Existen conversaciones preliminares con potenciales inversores de América latina y Europa<sup>15</sup>.

Las ventajas del reaprovechamiento energético de neumáticos desechados comienzan a pensarse como una alternativa rentable de sustitución de los combustibles tradicionales, lo que a su vez se observa como mejora medioambiental mientras provee de materias primas para otros procesos. Desde los países que avanzan en el tema, la idea va extendiéndose.

La industria del cemento viene quemando estos residuos como combustible alternativo en sus hornos, buscando reducir costos. La estrategia favorece la generación de empresas proveedoras que convierten el reaprovechamiento energético de residuos en negocio, con la aceptación de las autoridades me-

---

14

[http://www.desarrollointeligente.org/desarrollo\\_inteligente/VisNot?id=2e9f72b4afc2](http://www.desarrollointeligente.org/desarrollo_inteligente/VisNot?id=2e9f72b4afc2)

15 [http://www.invest-vci.com/files/000001462\\_Expansion\\_081215.pdf](http://www.invest-vci.com/files/000001462_Expansion_081215.pdf). Boletín Lunes 15 de diciembre 2008, Pág.14

dioambientales. El argumento básico parte de que el reaprovechamiento energético de residuos combustibles es ecológico porque ahorra combustibles fósiles y recursos naturales no renovables.

### 3.1.1.3 Sistema integrado español<sup>16</sup>

Signus es un sistema integrado de gestión de neumáticos fuera de uso y fue creado en el año 2005 por los principales fabricantes e importadores de neumáticos que operan en España. Forman parte de este sistema Bridgestone, Continental, Goodyear-Dunlop, Michelin y Pirelli que representan en conjunto, aproximadamente el 90 % del mercado.

Se encargan de recoger y gestionar los neumáticos usados que se generen en el mercado nacional. Con 15.000 neumáticos usados y transformados en polvo, se obtiene la superficie de un campo de césped artificial, un ejemplo. Importa destacar que antes de proceder a la trituración de los neumáticos, se los inspecciona para comprobar su posible reutilización. Entre el 15 y el 20 % se puede volver a usar.

### 3.1.1.4 Polvo de NFU en carreteras<sup>17</sup>

“La reducción del ruido, la mejora de la adherencia del vehículo, el aumento de la resistencia al agrietamiento, la prolongación de la vida útil y el bajo mantenimiento que supone, son algunas de las ventajas que presenta la utilización de polvo de NFU en mezclas bituminosas para la construcción de carreteras, además de contribuir con el medio ambiente valorizando el neumático fuera de uso. Existen dos métodos de incorporación del polvo de caucho en las mezclas asfálticas:

- **Vía seca:** consiste en la incorporación del polvo de caucho junto con los áridos antes de mezclarlo con el betún, modificando las propiedades reológicas de la mezcla.
- **Vía húmeda:** consiste en la mezcla de polvo de caucho con un betún de penetración para obtener un ligante modificado o mejorado con caucho. En este

---

<sup>16</sup> <http://www.signus.es/> Obra Duplicación de la Carretera M-111 y Variante de Fuente El Saz (marzo 2007) 2.116 t NFU triturado (diciembre 2007). Vía de servicio del enlace de San Isidro en Tenerife 1.200 t NFU triturado.

<sup>17</sup>

<http://www.signus.es/Lavalorizaci%C3%B3ndeNFU/Mercadosendesarrollo/tabid/240/Default.aspx>

caso, existen varias alternativas dependiendo de la cantidad de polvo de caucho empleada.

Tanto el contenido de polvo de NFU como su granulometría, dependen del tipo de vía que se utilice. Normalmente se recomienda el empleo de granulado por debajo de 1 mm.”



Figura 3.1 – Polvo de NFU en mezclas bituminosas

El material procedente de NFU destinado a aplicaciones de obra civil, previamente seleccionado y controlada su calidad, puede cumplir con las especificaciones en cuanto a distribución granulométrica y contenido en acero expuesto marcadas por la norma ASTM 6270-98. SIGNUS ha colaborado con el suministro a Acciona Infraestructuras de triturado de NFU, para la ejecución de obras como relleno ligero en terraplenes.

### 3.2 América latina

Aun cuando en América latina no existe un marco legal unificado para el manejo de los residuos sólidos y se plantean situaciones diferenciales muy marcadas, los diferentes tratamientos apuntan a la expedición de planes y normativas de salubridad, al fortalecimiento de las empresas de servicios - públicas y privadas- que atienden el problema, y a la apertura de nuevas actividades económicas derivadas de las diferentes fases del proceso.

La **clasificación de los residuos** depende, en general, de la naturaleza de su origen: residuos sólidos orgánicos – derivados de productos perecederos y generadores de focos de infección y contaminación, y residuos sólidos inorgánicos (“reciclables secos” en Europa), que pueden tener un ciclo propio de recu-

peración pero que debido a procesos inadecuados de recolección, carga/descarga, transporte y disposición final, disminuyen (o pierden) su potencial de transformación y aprovechamiento como “materia prima secundaria” o mercancía.

Las **formas de recolección** varían de acuerdo al origen del residuo, pero en general existe un desfase entre la generación, la recolección y los procesos subsiguientes hasta la disposición final. Aunque en algunos países existen tecnologías y experiencias para la construcción de rellenos sanitarios, un buen porcentaje de los residuos se maneja a cielo abierto en vertederos contaminantes legales e ilegales. Las limitaciones de las empresas de servicios públicos para cubrir totalmente la recolección se obvian en muchos casos mediante programas de recuperación y reciclaje arbitrados por empresas cooperativas u ONG, en algunas oportunidades asociados con el sector privado.

Comparada con otras regiones, América latina tiene ventajas en la producción de bioetanol, biodiesel y otras materias primas obtenidas del reciclaje. El suelo, el clima, la disponibilidad de tierras y los costos de mano de obra más bajos, la favorecen. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, la región, a excepción de Brasil, no ha tomado suficientes medidas para explorar ese potencial.

En general, la problemática ambiental de los residuos sólidos en Latinoamérica, tiene relación, en mayor o menor grado, con los siguientes aspectos:

- **La generación creciente de residuos.** Problema asociado a los sistemas de producción insostenibles y a los patrones de consumo de la población, a la falta de conciencia ciudadana sobre la relación residuos- economía, a la ausencia de apoyo a la producción de tecnologías limpias y, a la irresponsabilidad de los sectores productivos frente al proceso de generación, manejo y disposición final.

- **La pérdida del potencial de utilización.** El aprovechamiento de los materiales residuales se dificulta desde el origen debido a los hábitos de la población, que van en contravía con una adecuada selección, separación en la fuente y reutilización. (En Bogotá por ejemplo, el 40% de los residuos sólidos son inorgánicos y el 60% orgánicos, estos últimos con una incalculable riqueza física y química). A ello se suma la falta de incentivos para la comercialización de estos materiales y la falta de organización de las empresas que se dedican a actividades de recuperación.

- **La gestión parcial y el desconocimiento del impacto ambiental.** Las acciones se limitan en muchos casos a la limpieza de vías y espacios públicos. Existe una notoria desconexión y descoordinación entre las fases que caracterizan el ciclo, tanto desde el punto de vista operativo como económico, y son insuficientes las opciones tecnológicas para los municipios.

- **Prácticas inadecuadas de disposición final.** Se origina en la falta de criterios sobre la localización de botaderos y rellenos sanitarios, normalmente no previstos en los planes de ordenamiento del suelo, o ubicados en terrenos no aptos o próximos a asentamientos poblacionales. La carencia de tecnologías para la construcción y la operación de los centros de disposición, la falta de un recurso humano capacitado, la ausencia de programas locales y la carencia de fuentes de financiación.

- **Debilidad institucional del sector.** Se evidencia en la falta de mecanismos para el control y regulación de los recursos municipales dirigidos a esta actividad, en la descoordinación y falta de precisión en las competencias de las instituciones involucradas, en la ausencia de programas de asistencia técnica y en la generación y uso de la información. Faltan mecanismos que permitan la identificación de los generadores y la medición de los impactos.

- **Desconocimiento sobre la magnitud del problema.** Consiste en la falta de educación y participación ciudadana y el rechazo cultural a los centros de disposición final; la ausencia de programas de formación y de promoción de microempresas o empresas especializadas en la actividad.

### 3.2.1 Noticia desde Brasil

Brasil utiliza los neumáticos usados para la destilación de combustibles, en un proceso que ahorra materias primas como el petróleo y genera empleos. También como combustible en calderas industriales, trituración para uso en pavimentación de carreteras y conversión en petróleo industrial o gas son las grandes alternativas de reaprovechamiento, descartándose su desecho en vertederos.

Las fábricas brasileñas exportan un tercio de su producción, incluso a Europa. El programa no tiene costo para el consumidor, porque las empresas que los aprovechan como materia prima lo absorben<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> En la Introducción del trabajo, hay información.

### 3.2.2 Noticia desde México<sup>19</sup>

En México el mercado de reciclado de neumáticos de desecho es básico. Se esperan emprendimientos en acopio y reciclaje. Uno de los más grandes problemas de contaminación en el mundo lo ocasionan los neumáticos de desecho.

Se generan 25 millones de cubiertas anualmente, de los cuales se calcula que cuatro millones se concentran en el Distrito Federal. Otro tanto, clandestinamente, va a parar a cañadas, ríos y laderas de carreteras, tornándose en factor generador de incendios y, al acumularse el agua de lluvia en ellos, de mosquitos y otras plagas. De esto se deriva un serio problema de salud pública, cuando podría ser la causa de fructíferas oportunidades de negocios.

Se trata de un grave problema que exige soluciones, tanto del gobierno como de la iniciativa privada. Actualmente, del total, sólo cinco por ciento de las cubiertas se renuevan y 2 % se utiliza para generar energía.

Es preciso, entonces, poner énfasis en la creación de centros de acopio, casi inexistentes, puesto que, por lo menos en el Distrito Federal, no bastaría únicamente un centro y una recicladora para la cantidad de neumáticos de desecho existentes.

En cuanto a reciclaje, hasta el momento, el único fin de las cubiertas de desecho habían sido los hornos de las cementeras. No obstante, se les van encontrado aplicaciones alternativas. El sector que más beneficio obtendría del reciclado de las llantas sería el de la construcción, por ejemplo, pues ya se usan para construir casas, así como carpetas asfálticas en la construcción de carreteras. En este último caso las llantas se usan como aditivo.

**Acopio.** Aunque es un negocio aún volátil debido al desconocimiento del mercado y de la cultura del reciclado en el sector, algunas cementeras como Apasco y Cementos Mexicanos CEMEX, compran las cubiertas, enteras o trituradas, para usarlas como combustible, informa Magally Arévalo, directora del proyecto de reciclado de cubiertas del Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos (Simeprodeso).

Según Oscar Suárez Carro, gerente general de Consultores en Sistemas de Salud, Seguridad y Medio Ambiente, el mercado de la recolección de neumáticos involucraría a "llanteras", vulcanizadoras y tiraderos de basura, líneas de transportes, flotillas, además de que pueden ser recolectadas a campo abierto.

---

<sup>19</sup> [LAS LLANTAS \(cubiertas\) EN MEXICO](http://www.somosmecatronica.net/2008/12/las-llantas-en-mexico.html), 30 de diciembre de 1008, <http://www.somosmecatronica.net/2008/12/las-llantas-en-mexico.html>

Según Arévalo, el precio promedio de la cubierta trozada, menor a dos pulgadas, es de U\$S 18.85 por tonelada. Una llanta entera que pueda ser reutilizada tiene un costo de \$50 a \$100, mientras que los neumáticos sin reparación no tienen valor comercial. "Nosotros cobramos por recibirlos", comenta Magally Arévalo.

No obstante, la empresaria dice que "el precio depende del proceso elegido y los volúmenes de llantas que se manejen. Para venderle a Apasco llantas cortadas en chips de 2.5 pulgadas, incluyendo el flete de Simeprodeso, de Salinas Victoria, Nuevo León, a Ramos Arizpe, Coahuila, analizamos un costo aproximado de \$8 por unidad, considerando la colecta de 200 mil neumáticos al año".

Por otro lado, desde hace cinco años, Cementos Mexicanos realizó un convenio con el municipio de Nuevo Laredo para que le vendiera todas las que generara. Por ello, la cementera paga una cuota por depósito de \$ 50 a \$ 70 por tonelada.

Los estados de la República en donde se llevan a cabo programas de acopio de neumáticos son Chihuahua y Tamaulipas. El primero, Proyecto de Manejo y Disposición Final de Llantas Usadas de Ciudad Juárez, Chihuahua, lo realiza la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza y tiene como fin recolectar, triturar y utilizar el producto como relleno sanitario. En el segundo estado se inició la Instalación y Operación de Servicios Integrales de Aseo Público en Nuevo Laredo, donde se estudian diversos aspectos del manejo integral de residuos y se incluye una planta para tratamientos de cubiertas usadas.

Una planta recicladora con capacidad para procesar dos mil kilogramos de neumáticos por hora, con un estimado de siete mil toneladas, requiere una inversión aproximada de U\$S 2 millones, contemplando que cumplirá todos los requisitos sanitarios, de seguridad y calidad necesarios para este trabajo. Una planta con estas características tiene dos mil metros cuadrados de parte techada y sólo se requieren cuatro trabajadores por turno. Consta de dos trituradoras de diez y cuatro toneladas, dos granuladores, una sección de pulverizado, otra de desmetalizado, otra de aireado y redes de vibratorias y la sección de empacado.

Conviene mencionar que los costos de implementación de una planta recicladora de neumáticos varía según el proceso elegido y el volumen de cubiertas a procesar. De hecho, el costo se puede reducir hasta en un 85 por ciento si se les hace las adecuaciones para dejarla con los implementos básicos.

Por otro lado, es posible conseguir trituradoras que oscilan entre \$ 250,000 y \$ 500,000 para obtener partículas de dos pulgadas.

Se estima que de las llantas de desecho, 5% es renovado, 2% se utiliza en generación de energía, 2% se deposita en centros de acopio autorizados y 91% se abandona o se utiliza sin control<sup>20</sup>.

### 3.2.3 Noticia desde El Salvador

En El Salvador, las cubiertas son problema de escala. Un cálculo simple, tomando en cuenta que el Viceministerio de Transporte tiene registrados más de 663 mil vehículos en el país y que cada uno cambia cerca de de 4 cubiertas por año, da como resultado que el país tiene que buscar qué hacer con aproximadamente 2.6 millones de cubiertas inservibles cada año. Cantidad suficiente para cubrir unas 180 canchas olímpicas de fútbol, y la cantidad de vehículos aumenta cada año.

El problema se agrava porque, a raíz del endurecimiento paulatino de las leyes ambientales y con el cierre de los botaderos a cielo abierto impuesto por el Ministerio de Medio Ambiente el 9 de Septiembre de 2007, en muchos lugares del país todavía persiste la tendencia a resolver los problemas de desechos con visión sólo al corto plazo. Contrariando la ley, es posible encontrar cubiertas desechadas en terrenos baldíos, quebradas, ríos o barrancos; y, como en otros países, quemándose al aire libre.

La prohibición de este tipo de prácticas no es un capricho de las autoridades. La quema de cubiertas a cielo abierto, o su uso como combustibles en fábricas artesanales de ladrillos y cal, significa una combustión ineficiente que solo logra convertir las cubiertas en una nube de gases tóxicos y que termina afectando la salud de quienes las queman o de la gente de los alrededores. Por otro lado, guardar las cubiertas en casas o negocios o tirarlas en lugares no autorizados tampoco es buena idea. Se han hecho estudios sobre el comportamiento de los mosquitos transmisores del dengue y el paludismo y se ha encontrado que su reproducción puede llegar a ser 4,000 veces mayor en el agua estancada de una llanta, en comparación con su reproducción en la naturaleza<sup>21</sup>.

Los rellenos sanitarios, por su parte, rechazan las cubiertas desechadas por dos razones básicas: son desechos que ocuparían un espacio excesivo y disminuirían drásticamente su vida útil; y a la vez son imposibles de compactar,

---

<sup>20</sup> Fuente: [www.ANDELLAC](http://www.ANDELLAC). Publicado por MOY en [12:50:00 AM](#) - Etiquetas: [Desarrollo Sustentable](#)

<sup>21</sup> PROARCA. Guía Práctica Sobre Re-Usos de Llantas Usadas Para Municipalidades. <http://www.p2pays.org/ref/40/39937.pdf>. 2004.

cuando la adecuada compactación es uno de los factores críticos para el buen desempeño de los rellenos sanitarios.

El principio universalmente reconocido de que “**el que contamina paga**” hace que la responsabilidad de resolver este problema recaiga sobre todas las personas que se benefician de las cubiertas, ya sea por su comercio o su uso; sin embargo, el Código Municipal de El Salvador asigna a los Municipios una parte importante de la solución al hacer de su competencia “la promoción y el desarrollo de programas de salud, como saneamiento ambiental, prevención y combate de enfermedades” (Art. 4, 5) y “la prestación del servicio de aseo, barrido de calles, recolección, tratamiento y disposición final de basuras” (Art. 4, 19).

En respuesta a esta situación, La empresa dedicada a Coprocesamiento en El Salvador ha creado y puesto a disposición de las 262 municipalidades de El Salvador, una **alternativa sostenible** de solución a través del coprocesamiento de cubiertas en los hornos cementeros.

Hay consenso global con respecto a que la sostenibilidad consiste en un equilibrio entre lo social, lo ambiental y lo económico, y precisamente en cada uno de esos campos el coprocesamiento se caracteriza porque:

- **En lo social:** la calidad de vida mejora en las comunidades vecinas a los botaderos de llantas o a las quemas a cielo abierto y disminuye su riesgo por enfermedades como el dengue y el paludismo o por los efectos nocivos a la salud que pueden surgir de respirar las emisiones tóxicas de procesos de combustión incompleta.
- **En lo ambiental:** la tecnología usada permite que – sin afectar las emisiones de los hornos de fabricación de cemento – el aire de los municipios, los ríos, las quebradas y los otros sitios que constituían botaderos pueden recuperar su calidad y su valor como hábitat para la flora y fauna.
- **En lo económico:** la sociedad entera disminuye sus costos por tratamiento de enfermedades y a la vez la balanza de pagos del país mejora al sustituir parte de la importación de combustibles fósiles para los hornos cementeros.

Esta solución entraña un reto para las municipalidades. La empresa dedicada a Coprocesamiento en El Salvador recibe las llantas sin cobrar por los servicios de gestión y coprocesamiento de cubiertas; sin embargo es necesario que las municipalidades busquen un modelo de participación ciudadana que les permita hacer llegar las cubiertas desde su punto de origen hasta las instalaciones de la empresa dedicada a Coprocesamiento en El Salvador en Metapán.

El modelo adoptado para el municipio de San Miguel para enfrentar este reto es ejemplo de la modalidad; sin embargo, vale la pena mencionar que munici-

pios como San Salvador, la capital, y varios más están haciendo uso de esta alternativa.

### **San Miguel: gestión de desechos con asociatividad y participación ciudadana.**

Estos dos términos: “asociatividad” y “participación ciudadana” son usados frecuentemente por funcionarios, políticos y gran variedad de instituciones, pero verlos puestos en práctica y funcionando en la vida real no es habitual, y San Miguel se está constituyendo en modelo del buen uso de estos conceptos no solo para los municipios de El Salvador, sino para otros en América latina.

A mediados de 2007, la Municipalidad de San Miguel enfrentaba un problema común para todas las alcaldías de El Salvador: el plazo para la utilización de “botaderos a cielo abierto” se acercaba a su fin; y, si bien se tenían opciones para la disposición final de los desechos sólidos comunes, no se contaba con una solución efectiva para la disposición de cubiertas desechadas. Por entonces, el Jefe de la Unidad Ambiental de San Miguel se interesó en la alternativa ofrecida por la empresa dedicada a Coprocesamiento en El Salvador y comenzó a buscar formas de solucionar el problema que se avecinaba. Junto con el Alcalde de la ciudad, el Sr. Wilfredo Salgado, observaron que en San Miguel se tenía la ventaja de contar con comerciantes que, con un poco de apoyo, estaban dispuestos a adaptarse a las exigencias ambientales y legales que la administración municipal venía anunciando que pronto serían obligatorias.

Retomando el planteamiento expuesto por la gente de Coprocesamiento en El Salvador, de que con los generadores de los desechos era necesario aplicar el concepto de que “el que contamina paga”, la municipalidad definió el modelo con dos elementos importantes:

- **La Alcaldía** pondría a disposición de los negocios comercializadores de llantas un acopio de corta duración (clave para romper el ciclo de 7 días que toma la maduración de los huevecillos del mosquito portador del dengue)
- **La sociedad civil** haría un pequeño aporte por cada llanta entregada para cubrir los costos de transporte.

Los distribuidores y pequeños empresarios relacionados con la venta y reparación de cubiertas fueron convocados para hacerles ver el problema y proponerles la formación de un “Comité Ambiental de Desechos Sólidos de San Miguel”, compuesto y manejado por ellos mismos, para que se recolectaran los fondos necesarios a través de una junta directiva y se llevara a cabo la recolección y

transporte de las cubiertas usadas. La propuesta fue bien recibida por los empresarios, se formó el comité con aproximadamente 70 personas, se conformó una directiva, ésta entabló negociaciones con transportistas que regularmente viajan a las cementeras por cemento y que se desplazaban desde San Miguel a las cementeras sin carga, con lo que comúnmente se llama “flete falso”.

Así se iniciaron operaciones en **Octubre de 2007**, recolectando a través de la Administración central del Comité una tarifa de \$0.50 por cada llanta liviana y \$1.00 por cada cubierta grande que los Socios entregaran en el acopio. Los resultados hablan por sí: sólo en el **ultimo trimestre del 2007**, el Comité entregó en el acopio de corta duración e hizo llegar a la empresa de coprocesamiento 120 toneladas de llantas, equivalentes a aproximadamente unas 15,000 unidades.

### 3.2.4 Noticia desde Perú

El incremento del nivel de exigencias medioambientales derivado de la sensibilización social y de las obligaciones legales que adquieren las industrias y municipios, constituyen un tema de debate. Dentro de la gestión medioambiental, cobra relevancia la gestión de residuos, porque la tasa de generación es problema de las sociedades industrializadas<sup>22</sup>.

La adecuada gestión de residuos, es una obligación legal a cumplir. “Las empresas de gestión de residuos que trabajan con contenedores y las que suministran equipos y material para la gestión, han triplicado su trabajo. Se han creado, además, nuevas propuestas tecnológicas para evitar este tipo de desastres, lo que ha generado una oportunidad de negocio en el sector”, explica Carlos Pérez, Presidente de la Asociación Provincial de Empresas de Medio Ambiente (Aproema) de Perú<sup>23</sup>.

El mercado de los residuos, con un volumen de facturación anual de 2.210 millones, es el segundo en importancia de la industria medioambiental Perú. El sector emplea a 44.000 personas en el país, y se prevé que la cifra se incrementará con el endurecimiento de la legislación.

El futuro de estas técnicas es promisorio. Continuamente se investigan y aplican nuevas fórmulas, el progreso es constante y los resultados se aprecian.

<sup>22</sup> Cfr. <http://www.universidadperu.com/beca-curso-superior-de-residuos.php>, Dirigido a: Licenciados en Ciencias Ambientales, Biología, Ciencias Químicas, Ing. Agrónomos, Ing. Forestales, Ing. Industriales, y en general a todos aquellos interesados en la gestión de residuos.

<sup>23</sup> Revista “Dinero”, Lima, febrero de 2003. N° 195.

### 3.2.5 Noticia desde Chile

En Chile, la práctica en cuestión ha tropezado con algunas barreras en la industria cementera:

1) requiere el trozado previo de los neumáticos, las ventajas en los costos son marginales frente a los combustibles tradicionales (carbón, coque, petróleo, gas, fuel-oil); y

2) no se tienen antecedentes de la fiabilidad y volumen de los suministros de neumáticos desechados, lo cual asocia un riesgo, en términos de la recuperación de la inversión en las modificaciones necesarias. Igualmente, la industria cementera chilena ha mostrado preocupación por la disponibilidad de suministros continuada de neumáticos en cantidades suficientes y a precios razonables. Las empresas de cemento no desean involucrarse en la recolección de neumáticos, prefiriendo externalizar este servicio a un proveedor responsable de la recolección y entrega.

Los estudios sobre el tema, aspiran a determinar las posibilidades económicas del aprovechamiento de un nicho de mercado inexplorado por el momento: la recolección y la entrega de neumáticos desechados para abastecer a la industria cementera de un combustible alternativo de bajo costo, haciéndolo rentable, para un inversionista privado al invertir en una empresa de aseo industrial encargada de esta tarea, que ofrezca ventajas comparativas frente a la competencia.

Las posibilidades reales de obtener ganancias a partir de la venta de neumáticos en desuso, dependen del éxito que podría ofrecer un proyecto de combustibles alternativo en la industria cementera, consumidora final de este insumo. Se examina, además, las distintas aplicaciones tecnológicas existentes en la actualidad para implementar esta técnica en los hornos rotatorios de las plantas de cemento, junto a las condiciones y repercusiones, tanto medioambientales como económicas, que traería consigo la implementación del proyecto, singular e innovador, de aprovechamiento energético de residuos.

### 3.2.6 Noticia desde Uruguay<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> [http://www.cempre.org.uy/pages/fichas\\_neumaticos.php](http://www.cempre.org.uy/pages/fichas_neumaticos.php)

En Uruguay, la recolección de los neumáticos se realiza de modo informal. Los neumáticos de autos y motos son recibidos por las gomerías y talleres mecánicos cuando los usuarios cambian los mismos. Estos neumáticos usados son vendidos por las gomerías como cubiertas de ocasión o regalados al sector informal. Una pequeña parte de los neumáticos de autos son reciclados en empresas de recauchutaje informalmente.

Los desguazaderos juegan un rol importante recuperando los neumáticos que resultan del desmantelamiento de los autos, vendiéndolos o pasándolos al sector informal. Las grandes empresas de transporte normalmente recauchutan los neumáticos de sus camiones, autobuses y remolques hasta 4 veces.

Existen algunas empresas en el Uruguay, en su mayoría ubicadas en los departamentos de Montevideo y Canelones, que recauchutan o remoldean neumáticos de camiones y autobuses. Con la reapertura de la empresa FUNSA, comienzan a verse nuevas posibilidades para la recuperación de la goma, ya que se encuentran realizando una experiencia piloto para la elaboración de plantillas de hule a partir de neumáticos viejos.

La empresa SERISUR se aplica a otra experiencia piloto elaborando pisos con la goma sobrante del proceso de remoldeado.

La utilización como combustible es una práctica muy utilizada. Se ha detectado en:

- Chacras, las cuales queman los neumáticos para proteger sus plantas de las heladas en invierno
- Ladrilleras, que los utilizan como combustible.
- Productores de azúcar de caña, quienes utilizan los neumáticos como combustible para refinar y cristalizar el azúcar. Esta práctica es extendida en la zona de Bella Unión.

Estas prácticas de incineración son realizadas sin control de emisiones gaseosas, generando localmente una fuerte contaminación atmosférica. También se han realizado ensayos en el horno de la planta cementera de CUPCSA, donde existen controles ambientales más adecuados para las emisiones, pero no es práctica instaurada en la actualidad.

Otros usos: defensas en el autodromo, en muelles y en viviendas particulares, vertido en los cursos de aguas y en espacios libres. Muchas veces el destino final son exportaciones informales a Brasil.

### **3.2.7 Noticia de Argentina**

El Proyecto Proqma trata del reciclado para la obra civil desde la química, los materiales y el medio ambiente. Pretende observar las experiencias realizadas en el país y diseñar –de acuerdo a la experiencia internacional - un Pliego General para las obras con inclusión de materiales reciclados. Se trata de un proyecto elaborado por seis facultades regionales de la Universidad Tecnológica Nacional (fase inicial) para configurar y normalizar técnicas. Un ejemplo, el caso de la carretera provincial N° 51, administrada por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires. (Licitación con vencimiento en 2006)<sup>25</sup>.

### **3.2.7.1 Gestión integral de neumáticos de descarte**

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial, junto a organizaciones empresarias, impulsó un proyecto que permite reutilizar el material de descarte de cubiertas. Además de evitar la contaminación, propone un modelo eficaz de gestión de esos neumáticos.

El Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria del Caucho, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), junto con empresas y agrupaciones empresarias, impulsó un proyecto de reglamentación y uso del material de descarte de cubiertas que constituye un modelo de gestión eficaz e integral<sup>26</sup>.

La propuesta de gestión contempla la logística de recolección de los neumáticos en desuso (en forma separada del resto de los residuos) provenientes tanto de usuarios particulares como de empresas de transporte, gomerías y talleres de reconstrucción. Luego, en una planta industrial los neumáticos usados son transformados en trozos de goma, aptos para su utilización posterior.

Si se tienen en cuenta los volúmenes de producción destinados al mercado interno y a las importaciones, el descarte de neumáticos en la Argentina, supera las 100 mil toneladas anuales, de las cuales 38 mil corresponden a la Capital Federal y el Gran Buenos Aires, de acuerdo con datos de la Cámara de la Industria del Neumático, los porcentajes de distribución geográfica de residuos de neumáticos son:

- la región Central, con un 58%;
- el Noreste Argentino con un 18%; y
- las regiones de Cuyo, Noroeste Argentino y Sur con un 8% por ciento cada una.

---

<sup>25</sup> No se encontró información sobre el resultado de la licitación.

<sup>26</sup> 29-11-2007. Agencia CyTA-Instituto Leloir. Por Alejandro Manrique

Con estos datos, el grupo de trabajo elaboró una propuesta de gestión integral del residuo, destinada, en principio, al área metropolitana. Se evaluaron las condiciones en esta zona geográfica en cuanto a la disponibilidad de recursos y se determinó la necesidad de construir un centro de acopio de neumáticos usados para su posterior transformación y transferencia.

### 3.2.7.2 Modelo de gestión

Para llevar a cabo el proyecto, el INTI construyó una Planta de Tratamiento y Reciclado de Neumáticos en el Complejo Ambiental Norte III, Camino del Buen Aire. La iniciativa comprende la creación de un plan nacional de recuperación de neumáticos, el desarrollo de emprendimientos para el aprovechamiento de este desecho y la promoción de la legislación ambiental adecuada.

El plan nacional contempla la confección de un análisis de las distintas regiones del país según los volúmenes de acumulación de unidades usadas, el sistema de recolección y clasificación de las mismas.

Además de construir y poner en marcha la planta, el INTI coordinó la comisión multi-sectorial que impulsó el llamado a licitación pública del CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado) para la instalación de dicha planta. El CEAMSE, al incorporar el tratamiento y reciclaje de neumáticos, suscribió un convenio con la empresa Regomax para la instalación y funcionamiento de la planta. Como empresa inversora, ésta garantiza el funcionamiento de la planta y la comercialización del producto, con pago de un canon anual al CEAMSE. Este organismo aporta los terrenos por un lapso de 20 años y recibe en forma gratuita los neumáticos descartados por los usuarios y las empresas transportistas, que derivan a la planta trituradora, con un costo nulo de materia prima.

El INTI verifica la viabilidad técnica del proyecto y efectúa controles anuales. Junto con el CEAMSE, es el encargado de revisar la aprobación de las licitaciones a adjudicar y también realiza auditorías técnicas a la planta.

La idea del INTI es poder desarrollar a futuro nuevas plantas de triturado y un marco legal para la Argentina y el Mercosur<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> No se conoce el estado actual de los proyectos. El INTI manifiesta que en agosto de 2009 brindará información actualizada.

### 3.2.7.3 Pavimento del autódromo de departamento de Río Hondo (Santiago del Estero, Argentina).

Según cartel de obra la fecha de comienzo fue el 19 de junio de 2007 y la de terminación el 22 de junio de 2008. En setiembre de 2008 se efectuaron los preparativos de la largada TC-2000, informa el Ing. Jorge Alberto Páramo, quien concluye con estas palabras: “con un adecuado manejo de los procedimientos de colocación y compactación de las mezclas asfálticas, se ha logrado una muy buena regularidad superficial. Se capacitó un grupo humano en la colocación de mezclas asfálticas con bajo nivel de rugosidad”.

Características destacadas de la construcción:

- Longitud circuito principal: 4.400 m aproximadamente
- Ancho de calzada: 16 m
- Recta principal 1.350 m (originalmente, la mayor del país).

Hubo satisfacción de los usuarios. Luego de las competencias de las categorías automovilísticas del país, pilotos y jefes de equipos se manifiestan respecto de la capa de rodamiento:

- “El piso tiene muy buen ‘grip’ (adherencia neumático pavimento)”.
- “No se aprecian desniveles que alteren la ‘tenida’ de los autos”.
- “Se consume muy poco caucho y el desgaste es parejo”.
- “Los jefe coinciden con los pilotos, afirmando que es uno de los mejores ‘pisos’ entre las pistas del país”<sup>28</sup>.

Según se lee en el *Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas*, “cuando las mezclas se utilizan en rodadura proporcionan una superficie duradera, con mayor resistencia que las mezclas convencionales a la reflexión de grietas, a las roderas y al envejecimiento”<sup>29</sup>.

El autódromo de Río Hondo parece buen ejemplo del empleo de polvo de neumáticos en pavimento, en el país.

## Reflexión

---

<sup>28</sup> XXXV Reunión de la COMISIÓN PERMANENTE DE ASFALTO. “Pavimento del autódromo de Termas De Río Hondo, Pcia. Santiago del Estero. Autores: Ingenieros: Jorge A. Páramo, José L. Murature, José F. Alfano, Sergio Salazar y Sr. Héctor A. Farina. Rosario (Argentina), noviembre 2008.

<sup>29</sup> *Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas*, España, mayo 2007, pag. 12 y 13.

El problema de la disposición final de los neumáticos fuera de uso no encontró hasta el presente una respuesta eficiente en el mundo. Deshacerse de forma limpia de los NFU no es sencillo y siendo la combustión en hornos de alta calidad la única que garantiza un mínimo de emisiones pero tiene alto costo y como los NFU siguen depositándose en vertederos o sitios parecidos<sup>30</sup>, la solución al problema se dificulta.

Según se desprende de la literatura consultada, España sobresale entre los países centrales por la aplicación y progresos en el tema. En los países latinoamericanos, con excepción de Brasil, no se alcanzan los niveles deseables aunque viene observándose interés desde algunos sectores.

Parece necesario hallar vías que resulten interesantes y económicamente atractivas para dar solución a un tema que preocupa al mundo, mediante actitudes amigables con el medio ambiente y aprovechando lo aprovechable, para salvaguardar el futuro.

---

30

[http://www.diarioc.com.ar/tecnologia/Primer\\_proyecto\\_argentino\\_en\\_reciclado\\_de\\_neumaticos/91180](http://www.diarioc.com.ar/tecnologia/Primer_proyecto_argentino_en_reciclado_de_neumaticos/91180)



## 4. SOLUCIÓN PROPUESTA

### 4.1 Reciclaje de NFU

El reciclaje y reutilización del neumático desechado se presenta como la solución a los peligros que entraña el depósito en vertederos y sus consecuencias para el medio ambiente. El proceso conlleva, asimismo, el aprovechamiento de materiales obtenidos a partir del reciclaje mediante su comercialización y usos determinados.

En la mayoría de los países, se recuperan neumáticos con diferentes fines. Últimamente se viene desarrollando un sistema de recuperación para producir materia prima secundaria y combustible alternativo. La innovación tecnológica de este proceso, básicamente mecánico, consiste en la trituración, que tiene lugar sin utilizar gases licuados u otros agentes químicos necesarios para congelar la goma. El sistema se divide en tres etapas: trituración, granulación y pulverización. La materia prima secundaria obtenida mediante este sistema puede aplicarse en asfalto modificado, conglomerado de cementos aligerados con características fonoabsorbentes y ligantes; pavimentos de instalaciones deportivas; pavimento de carreteras, y otros.

En Canadá algunas compañías fabrican varios productos a partir del caucho: controladores de velocidad para calles, almohadillas antivibratorias, anillos para bocas de inspección cloacal o de teléfonos en calles, frenos para ruedas, defensas para muelles, y bases de señales camineras. Otras, ofrecen las tecnologías para separar las cubiertas en sus elementos componentes, modificando y recobrando los materiales, y reintegrando esa producción en la manufactura de repuestos<sup>31</sup>.

En cualquier caso, la mejor estrategia para asegurar el éxito final de los procesos comentados, es contar con el compromiso del consumidor, para o cual debe formarse una conciencia nacional en torno al tema de la preservación del medio ambiente. Es el consumidor, en última instancia, quien debe recorrer los pasos que permitan la posterior reutilización de los productos que ellos desechan.

#### 4.1.1 Mezclas bituminosas con polvo de caucho

---

<sup>31</sup> Informado por Sergio Junovich (Socio Plenario N° 1333), de la empresa P&SA, Bs. As., Argentina.

La incorporación de caucho procedente de los neumáticos fuera de uso en las mezclas bituminosas permite el diseño de mezclas de alta calidad a un precio competitivo y contribuye además de la manera más ecológica a reciclar un residuo difícil de eliminar. Su empleo pretende recoger el estado del arte en cuanto a conocimientos y experiencias en este campo, para ayudar a los técnicos y administraciones responsables de carreteras a utilizar adecuadamente este material<sup>32</sup>.

En Europa empezaron las pruebas con betún modificado de alta viscosidad con caucho en mezclas drenantes habían comenzado en los años 70, especialmente en Bélgica y Francia, pero la falta de plantas de trituración y el desarrollo de los ligantes modificados con polímeros limitaron su empleo.

En España el primer betún con polvo de caucho de NFU a escala industrial se desarrolló en el año 1996 y fue realizado en central. Este betún se utilizó en tramos de ensayo en Sevilla y Madrid. Posteriormente, la publicación del Plan de Neumáticos Fuera de Uso 2001-2006 impulsó nuevamente el empleo de polvo de caucho en la fabricación de mezclas bituminosas. En 2002 se empezaron a utilizar dos equipos de fabricación "in situ" de betún con polvo de caucho, uno de los cuales fabricaba betún modificado de alta viscosidad con caucho (BMAVC). Con ellos se construyeron tramos en Cádiz, Madrid y Castellón. También se desarrolló un betún modificado con caucho estable que se utilizó en el tramo de Madrid. Ese mismo año se publicó la Orden Circular 5bis/02, en la que se prescribía la prioridad de empleo de los materiales procedentes del reciclaje de neumáticos en las mezclas bituminosas, siempre que su uso fuese técnica y económicamente viable. A partir del año 2004 se han construido numerosos tramos con mezclas bituminosas fabricadas con betunes modificados/mejorados con caucho. Se conoce información de que se han construido tramos hasta finales del año 2005.

La idea original de la vía seca fue desarrollada por dos compañías suecas (Skega AB y AB Vaegfoerbaetringar) a finales de los años 60 y el producto se comercializó bajo el nombre de Rubit. En 1978 se patentó en EEUU con el nombre de PlusRíde. En este sistema se utiliza un caucho troceado con tamaños relativamente gruesos, en la fracción 0/6, y una granulometría discontinua. Originalmente se diseñó como un sistema antihielo, ya que las partículas más gruesas se comportan como áridos elásticos y se deforman en la superficie del firme por las sollicitaciones producidas por los vehículos, provocando la rotura del hielo cuando se comienza a formar.

---

<sup>32</sup> Jornada "Neumáticos Fuera de Uso en Pavimentos"  
<http://eps.ujaen.es/noticias/jornadaempleoneumaticos.pdf> , Jaén, 5 de noviembre de 2008

Las modificaciones que el polvo de caucho procedente de NFU produce cuando se incorpora a un betún asfáltico depende del tipo y naturaleza del betún, de la granulometría y del proceso de obtención del polvo de neumático, de la composición química del aditivo o aditivos (si los lleva), de las proporciones relativas de estos componentes, del sistema de fabricación y de las condiciones operatorias (temperatura, tiempo, etcétera), entre otros.

Para los BMAVC, que son los empleados habitualmente en el estado de California en la fabricación de mezclas abiertas y discontinuas, la guía de utilización recoge las ventajas, beneficios y efectos que esta técnica tiene tanto en el betún como en las mezclas, que son los siguientes:

- La adición de polvo de caucho a un betún o una mezcla bituminosa tiene dos efectos principales:
  - El polvo de caucho actúa como espesante, aumentando la viscosidad del ligante. En las mezclas bituminosas esto permite envolver los áridos con películas más gruesas de betún sin que se produzcan escurrimientos o exudaciones.
  - La adición de polvo de caucho modifica la reología de los betunes, de manera que aumentan su elasticidad y resiliencia a temperaturas elevadas y disminuye la susceptibilidad térmica. La modificación reológica es menor que la de los elastómeros nuevos.
- El efecto conjunto de estas modificaciones permite conseguir en las mezclas bituminosas:
  - Mejor resistencia a las roderas que las mezclas que utilizan betún convencional, por su elevada viscosidad, punto de reblandecimiento y resiliencia (ligante más elástico y viscoso a las temperaturas altas de servicio).
  - Menor susceptibilidad a la temperatura que las mezclas bituminosas fabricadas con betún convencional.
  - Mayor resistencia al agrietamiento, tanto por fatiga como por reflexión de las capas inferiores, que las mezclas fabricadas con betún convencional, debido a los elevados contenidos de ligante que permite esta técnica.
  - Mayor resistencia al envejecimiento y a la oxidación que las mezclas convencionales, por el potencial de utilizar mayores dotaciones de ligante y por la presencia de los antioxidantes del caucho de neumáticos<sup>33</sup>.

<sup>33</sup> CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). *Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas*. Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente, España. mayo 2007, pp. 5 a 9.



## 5. RESULTADOS O VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL

### 5.1 Estimación de producción y locación de una planta

Siguiendo la línea de trabajo de la Comisión Permanente de trabajo para el Reciclado de Neumáticos Usados, se estudiará la alternativa de situar una planta tal como indica el pliego del emitido por el directorio del CEAMSE con la concesión correspondiente otorgada a la empresa Regomax. Si bien esta oportunidad ha sido tomada por Regomax, sirve como modelo para estudiar y analizar una posible replica en otras áreas del país.

Para determinar el tamaño de las posibles instalaciones a considerar, lo más importante a considerar es la disponibilidad de materias primas. Los neumáticos que se pueden procesar pueden provenir de dos fuentes. Una es la capacidad actual encontrada en stock, y otra es la generación permanente. Se considera que para poder realizar un proyecto sustentable a largo plazo, no se puede depender del stock actual, sino de la generación permanente. La figura 5.1 muestra el % de generación de neumáticos fuera de uso (Fuente: INTI, 2009)

	Regiones geográficas	% de generación de neumáticos fuera de uso
	<b>Zona NOA</b> (Jujuy - Salta - Tucumán - Catamarca - Santiago del Estero)	8
	<b>Zona CUYO</b> (La Rioja - San Juan - Mendoza - San Luis)	8
	<b>Zona NEA</b> (Formosa - Chaco - Misiones - Corrientes - Entre Ríos - Santa Fe)	18
	<b>Zona Centro</b> (Ciudad de Buenos Aires - Buenos Aires - Córdoba - La Pampa)	58
	<b>Zona Sur</b> (Neuquén - Río Negro - Chubut - Santa Cruz - Tierra del Fuego)	8



Figura 5.1 – Distribución geográfica de NFU's en Argentina

Según las estimaciones del INTI, se desechan actualmente alrededor de 110.000 toneladas de neumáticos, lo cual equivaldría a casi 16 millones de neumáticos anuales.

Para realizar una proyección sobre el incremento anual de neumáticos desechados, se estima que cumple la misma tendencia que el consumo de neumáticos nuevos.

Para calcular esto se parte de la base de una expresión aritmética simple que consiste en calcular la oferta total del país (producción más importaciones) neta de sus exportaciones.

El diferencial resultante expresa así el volumen de producto canalizado hacia el mercado local.

### Consumo Aparente = Producción + Importaciones – Exportaciones

Los datos que permitieron calcular las "Importaciones y Exportaciones de Neumáticos" tienen su fuente en el INDEC. (<http://www.cin.org.ar/>)

**TOTAL DE NEUMÁTICOS** (Unidades)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Consumo Aparente	3,837,673	5,177,523	6,839,157	6,846,865	7,351,856	5,998,224	7,245,739	9,117,898	9,230,525	7,687,198
Producción	4,954,995	4,738,732	5,627,158	6,242,751	7,329,014	7,174,189	7,593,033	8,532,189	9,515,643	8,250,200
Exportación	1,258,163	580,688	495,246	770,434	1,596,157	2,447,072	2,336,270	2,620,840	3,772,045	4,261,916
Importación	140,841	1,019,479	1,707,245	1,374,548	1,618,999	1,271,107	1,988,976	3,206,549	3,486,927	3,698,914

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Consumo Aparente	8,578,125	6,921,682	4,665,807	7,761,430	9,077,972	9,715,510	9,630,143	11,206,243	11,447,143	-
Producción	8,635,450	8,036,898	9,093,020	9,758,202	10,649,623	12,034,171	12,286,866	12,211,500	11,093,304	-
Exportación	4,807,955	4,574,886	5,982,611	5,107,808	5,381,769	6,441,107	6,893,707	6,470,413	5,850,444	-
Importación	4,750,630	3,459,670	1,555,398	3,111,036	3,810,118	4,122,446	4,236,984	5,465,156	6,204,283	-

Tabla 5.1 – Consumo aparente

Se calcula la tendencia a la cual sigue el consumo de neumáticos en el país y se la reproduce para los siguientes 10 años, lo cual daría la siguiente tabla de resultados.

Año	Consumo Aparente
1990	3,837,673
1991	5,177,523
1992	6,839,157
1993	6,846,865
1994	7,351,856
1995	5,998,224
1996	7,245,739
1997	9,117,898
1998	9,230,525
1999	7,687,198
2000	8,578,125
2001	6,921,682
2002	4,665,807
2003	7,761,430
2004	9,077,972
2005	9,715,510
2006	9,630,143
2007	11,206,243
2008	11,447,143

Año	Consumo Aparente
2009	10,550,398
2010	10,824,718
2011	11,099,038
2012	11,373,359
2013	11,647,679
2014	11,921,999
2015	12,196,319
2016	12,470,640
2017	12,744,960
2018	13,019,280
2019	13,293,600

Tabla 5.2- Proyección de Consumo Aparente

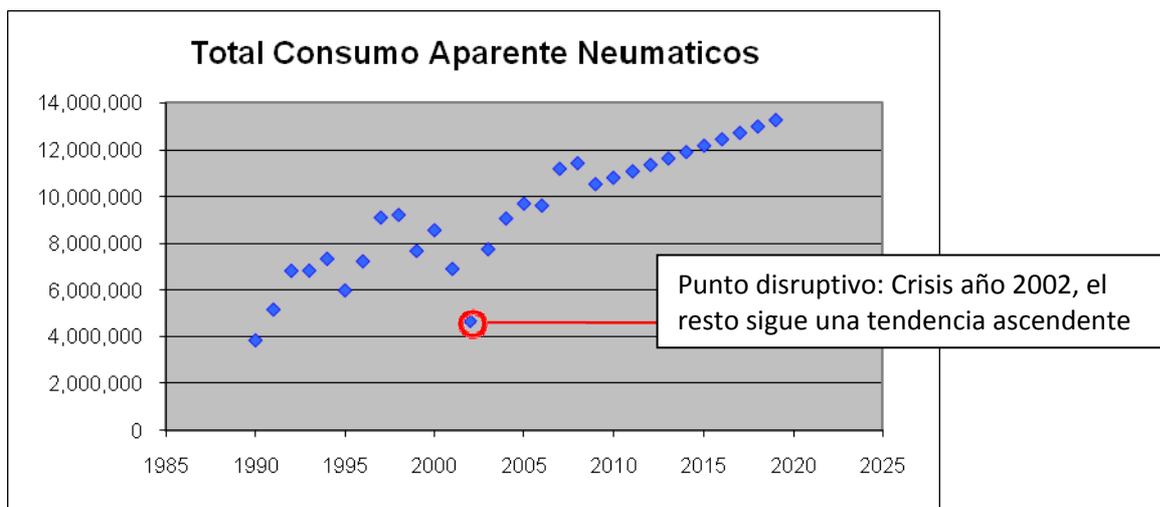


Gráfico 5.1 – Proyección de Consumo Aparente

Asumiendo que la cantidad de neumáticos desechados cumple con la misma tendencia, la distribución de neumáticos en el país en los próximos años será la siguiente:

Año	Consumo Aparente	Tn desechadas Total Argentina	NOA	Cuyo	NEA	Centro	Sur
2008	11,447,143	<b>110,000</b>	8,800	8,800	19,800	63,800	8,800
2009	10,550,398	<b>101,383</b>	8,111	8,111	18,249	58,802	8,111
2010	10,824,718	<b>104,019</b>	8,322	8,322	18,723	60,331	8,322
2011	11,099,038	<b>106,655</b>	8,532	8,532	19,198	61,860	8,532
2012	11,373,359	<b>109,291</b>	8,743	8,743	19,672	63,389	8,743
2013	11,647,679	<b>111,927</b>	8,954	8,954	20,147	64,918	8,954
2014	11,921,999	<b>114,563</b>	9,165	9,165	20,621	66,447	9,165
2015	12,196,319	<b>117,199</b>	9,376	9,376	21,096	67,975	9,376
2016	12,470,640	<b>119,835</b>	9,587	9,587	21,570	69,504	9,587
2017	12,744,960	<b>122,471</b>	9,798	9,798	22,045	71,033	9,798
2018	13,019,280	<b>125,107</b>	10,009	10,009	22,519	72,562	10,009
2019	13,293,600	<b>127,743</b>	10,219	10,219	22,994	74,091	10,219

Tabla 5.3 – Proyección Consumo aparente x región

Es importante notar que en el gráfico de Total Consumo Aparente Neumáticos, salvo el año 2002, no se presentan grandes puntos disruptivos que puedan llegar a ocasionar una escasez en el aprovisionamiento de materia prima. Éste es un dato importante, ya que la previsibilidad y aseguramiento del supply son algunos de los argumentos negativos que hoy por hoy la industria cementera alega sobre el uso de neumáticos como combustible.

Para poder desmenuzar aproximadamente la cantidad de neumáticos fuera de uso por municipio, se asume que cumple una distribución similar a la del parque automotor, obteniendo los siguientes resultados.

<b>Centro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
<i>GBA y resto de Bs, As,</i>	4,701,020	58%
<i>Cdad, de Bs, As,</i>	2,064,902	26%
<i>Córdoba</i>	1,190,778	15%
<i>La Pampa</i>	136,396	2%
<b>Centro Total</b>	<b>8,093,096</b>	<b>100%</b>

<b>Composición de la Provincia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
<i>Gran Buenos Aires</i>	1,941,285	56%
<i>Bahía Blanca</i>	97,840	3%
<i>La Plata</i>	219,885	6%
<i>Mar del Plata</i>	178,559	5%
<i>Resto de la Provincia</i>	1,058,207	30%
<b>TOTAL PROVINCIA</b>	<b>3,495,776</b>	<b>100%</b>

**GRAN BUENOS AIRES**

<b>Localidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
<i>Adrogué</i>	78,626	4%
<i>Avellaneda</i>	110,199	6%
<i>Berazategui</i>	56,698	3%
<i>Esteban Echeverría</i>	50,300	3%
<i>Florencio Varela</i>	34,241	2%
<i>Jose C, Paz</i>	24,023	1%
<i>La Matanza</i>	208,627	11%
<i>Lanús</i>	142,741	7%
<i>Lomas de Zamora</i>	141,927	7%
<i>Merlo</i>	62,358	3%
<i>Moreno</i>	37,559	2%
<i>Morón</i>	195,002	10%
<i>Olivos</i>	134,836	7%
<i>Quilmes</i>	120,969	6%
<i>San Fernando</i>	39,858	2%
<i>San Isidro</i>	126,665	7%
<i>San Martín</i>	128,135	7%
<i>San Miguel</i>	49,445	3%
<i>Tigre</i>	58,817	3%
<i>Tres de Febrero</i>	107,299	6%
<i>Malvinas Argentinas</i>	32,960	2%
<b>TOTALES GRAN B.A.</b>	<b>1,941,285</b>	<b>100%</b>

Tabla 5.4 – Distribución de Neumáticos x Región y Localidad

GRAN BUENOS AIRES		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Localidad	Cantidad	%	110,000	101,383	104,019	106,655	109,291	111,927	114,563	117,199	119,835	122,471	125,107	127,743
Adrogué	78,626	4%	834	768	788	808	828	848	868	888	908	928	948	968
Avellaneda	110,199	6%	1,168	1,077	1,105	1,133	1,161	1,189	1,217	1,245	1,273	1,301	1,329	1,357
Berazategui	56,698	3%	601	554	568	583	597	612	626	640	655	669	684	698
Esteban Echeverría	50,300	3%	533	491	504	517	530	543	555	568	581	594	606	619
Florencio Varela	34,241	2%	363	335	343	352	361	369	378	387	395	404	413	422
Jose C. Paz	24,023	1%	255	235	241	247	253	259	265	271	277	284	290	296
La Matanza	208,627	11%	2,212	2,038	2,091	2,144	2,197	2,250	2,303	2,356	2,409	2,462	2,515	2,568
Lanús	142,741	7%	1,513	1,395	1,431	1,467	1,503	1,540	1,576	1,612	1,649	1,685	1,721	1,757
Lomas de Zamora	141,927	7%	1,505	1,387	1,423	1,459	1,495	1,531	1,567	1,603	1,639	1,675	1,711	1,747
Merlo	62,358	3%	661	609	625	641	657	673	688	704	720	736	752	768
Moreno	37,559	2%	398	367	377	386	396	405	415	424	434	443	453	462
Morán	195,002	10%	2,067	1,905	1,955	2,004	2,054	2,103	2,153	2,203	2,252	2,302	2,351	2,401
Olivos	134,836	7%	1,429	1,317	1,352	1,386	1,420	1,454	1,489	1,523	1,557	1,591	1,626	1,660
Quilmes	120,969	6%	1,282	1,182	1,213	1,243	1,274	1,305	1,336	1,366	1,397	1,428	1,459	1,489
San Fernando	39,858	2%	423	389	400	410	420	430	440	450	460	470	481	491
San Isidro	126,665	7%	1,343	1,238	1,270	1,302	1,334	1,366	1,399	1,431	1,463	1,495	1,527	1,559
San Martín	128,135	7%	1,358	1,252	1,285	1,317	1,350	1,382	1,415	1,447	1,480	1,512	1,545	1,577
San Miguel	49,445	3%	524	483	496	508	521	533	546	558	571	584	596	609
Tigre	58,817	3%	624	575	590	605	620	634	649	664	679	694	709	724
Tres de Febrero	107,299	6%	1,137	1,048	1,076	1,103	1,130	1,157	1,185	1,212	1,239	1,266	1,294	1,321
Mélvins Argentinas	32,960	2%	349	322	330	339	347	356	364	372	381	389	397	405
<b>TOTALES GRAN B.A.</b>	<b>1,941,285</b>	<b>100%</b>	<b>20,580</b>	<b>18,968</b>	<b>19,461</b>	<b>19,954</b>	<b>20,447</b>	<b>20,940</b>	<b>21,434</b>	<b>21,927</b>	<b>22,420</b>	<b>22,913</b>	<b>23,406</b>	<b>23,900</b>
<b>Ciudad de Buenos Aires</b>			16,278	15,003	15,383	15,783	16,173	16,563	16,953	17,344	17,734	18,124	18,514	18,904
Total Area Escogida	26,992		26,992	24,877	25,524	26,171	26,818	27,464	28,111	28,758	29,405	30,052	30,699	31,345
40% (tn Anuales)	10797		10797	9951	10210	10468	10727	10986	11244	11503	11762	12021	12279	12538

Tabla 5.5 – Proyección de Neumáticos x Localidad

Dada la gran concentración en Capital Federal y Gran Buenos Aires, es lógico pensar la planta en esta zona. Sin embargo, para poder determinar la ubicación de la planta, hay que entender un poco el estado de la cuestión. Hoy en día, el único posible destino de del NFU's es el relleno sanitario, el cual es administrado por el CEAMSE, entidad participa del grupo de trabajo que creó la Comisión Permanente de trabajo para el Reciclado de Neumáticos Usados.

El CEAMSE cobra por \$ 50 por tonelada que entierra. Sin embargo, el neumático representa un tipo de residuo muy problemático para ser enterrado. En primera instancia, debe ser procesado obligatoriamente. De otra manera, se llena de gas en sus partes cóncavas, y asciende dentro del lugar de disposición, rompiendo las membranas que aíslan el relleno sanitario. Este procesamiento, obliga a que el residuo sea tratado, incurriendo en un costo superior para poder ser depositado.

Por otra parte, el neumático tiene una baja densidad, y considerando que ellos cobran por kg, y no por volumen, representa otra clara desventaja.

Por estas razones, se busca un acuerdo en el cual el CEAMSE entregue todos los neumáticos que recolecte de forma gratuita y permita localizar la planta de procesamiento en su complejo en el Camino del Buen Aire. Esto no solo eliminaría la inversión en la adquisición de un terreno, sino que también reduciría los costos de transporte desde el CEAMSE.

Debe contemplarse para la negociación la ley de contrato por iniciativa privada en la cual se especifica que un proyecto privado por el cual se genere una acción que favorezca el bienestar social y ayude al estado, este proyecto gozará de facilidades.

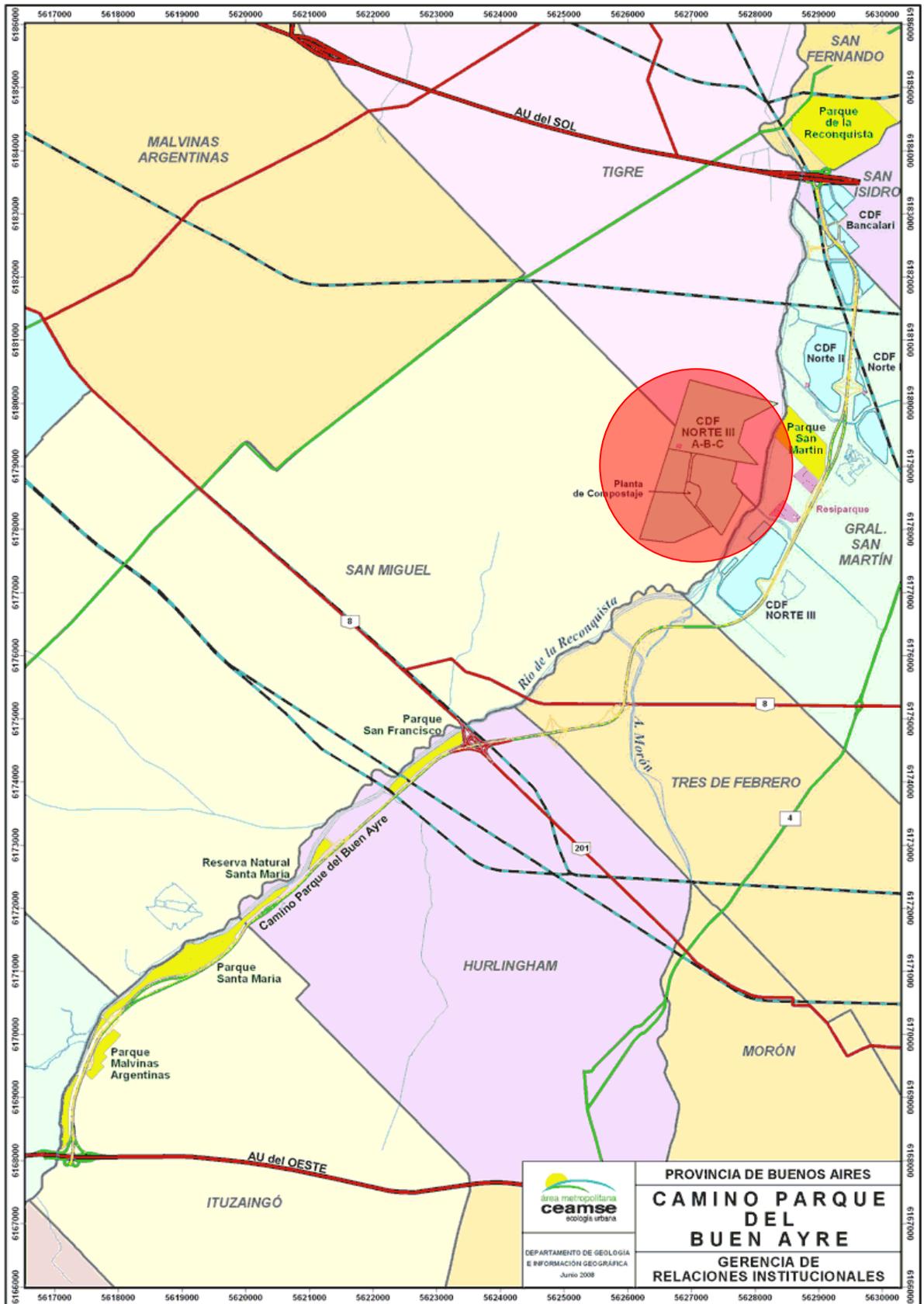


Figura 5.2 – Localización del predio del CEAMSE

De los resultados obtenidos, se consideran inicialmente las áreas de Capital Federal y Gran Buenos Aires marcadas, se considera comenzar con esas zonas, porque se encuentran en las inmediaciones de la locación de la planta. No se decide incluir todo el gran Buenos Aires, en principio por una cuestión de organización. Sin embargo, queda abierta la posibilidad para futuras ampliaciones.

Los principales proveedores de neumáticos, a los cuales se apunta al principio son aquellos que pertenecen a las grandes empresas de neumáticos: Bridgestone, Michelin, Goodyear y sus cadenas de distribución.

De estos locales se espera colaboración inmediata ya que también tienen su responsabilidad por ser los productores del producto contaminante.

También, se apuntará a grandes consumidores de neumáticos, como pueden ser las empresas de correo, o distribución de mercadería en vehículos pequeños.

En paralelo, se hablará con diferentes municipios del Gran Buenos Aires para que se encarguen de la recopilación y recolección de las diferentes gomeras en su área. De esa manera las municipalidades tienen el logro de limpiar este tipo de residuo.

La planta estaría alimentada por los municipios marcados, los cuales podrían proveer cerca de 27,000 tn anuales de neumáticos. Criteriosamente se considera que es posible llegar a recolectar un 40% de estos neumáticos, arribando a un total de 10,000 toneladas anuales.

Es importante mencionar que al no disponer los neumáticos en el CEAMSE, el Gobierno estaría incurriendo en un ahorro de \$50 por tonelada procesada. Considerando 10,000tn anuales, se estaría hablando de un ahorro total de \$500,000 anuales, lo cual le aportaría un interés económico a la ciudad bastante significativo.

Asimismo, se estima que ante la dificultad de llegar a este número objetivo, siempre se puede incluir un mayor número de municipios. Debe mencionarse que posibles incrementos dependerán del aprendizaje en la recolección, experiencia y demanda.

Si se extiende la recolección a todo el Gran Buenos Aires, dependiendo del porcentaje de recolección, se arriba a los siguientes resultados:

Total Gran	2008	2009	2010	2011	2012	2013
B.A + Ciudad	<b>36,858</b>	<b>33,971</b>	<b>34,854</b>	<b>35,737</b>	<b>36,621</b>	<b>37,504</b>
10%	3,686	3,397	3,485	3,574	3,662	3,750
20%	7,372	6,794	6,971	7,147	7,324	7,501
30%	11,057	10,191	10,456	10,721	10,986	11,251
40%	14,743	13,588	13,942	14,295	14,648	15,002
50%	18,429	16,985	17,427	17,869	18,310	18,752
60%	22,115	20,382	20,912	21,442	21,972	22,502
Total Gran	2014	2015	2016	2017	2018	2019
B.A + Ciudad	<b>38,387</b>	<b>39,270</b>	<b>40,154</b>	<b>41,037</b>	<b>41,920</b>	<b>42,803</b>
10%	3,839	3,927	4,015	4,104	4,192	4,280
20%	7,677	7,854	8,031	8,207	8,384	8,561
30%	11,516	11,781	12,046	12,311	12,576	12,841
40%	15,355	15,708	16,061	16,415	16,768	17,121
50%	19,194	19,635	20,077	20,518	20,960	21,402
60%	23,032	23,562	24,092	24,622	25,152	25,682

Tabla 5.6 - Estimación de volúmenes según porcentaje de recolección

De la tabla superior, se observa cómo se puede llegar al objetivo de 10,000 toneladas, con el 30% de éxito, si se extiende la recolección a toda la región. También se puede ver como incrementa a lo largo del tiempo, por lo que se debe considerar una posible expansión de la producción a futuro, tanto agregando turnos como agregando módulos a la estructura.

Sin embargo, sería ideal comenzar a producir a capacidad plena.

Se estima que se llegará a una producción de 10,000 toneladas anuales recién al final del tercer año. Arrancando por una producción de 7,000 toneladas anuales, se llegará linealmente a una producción anual de 10,000 al comienzo del tercer año. Para esto, se mantendrán los dos turnos de mañana y tarde, con la diferencia de que se incrementará la producción gradualmente.

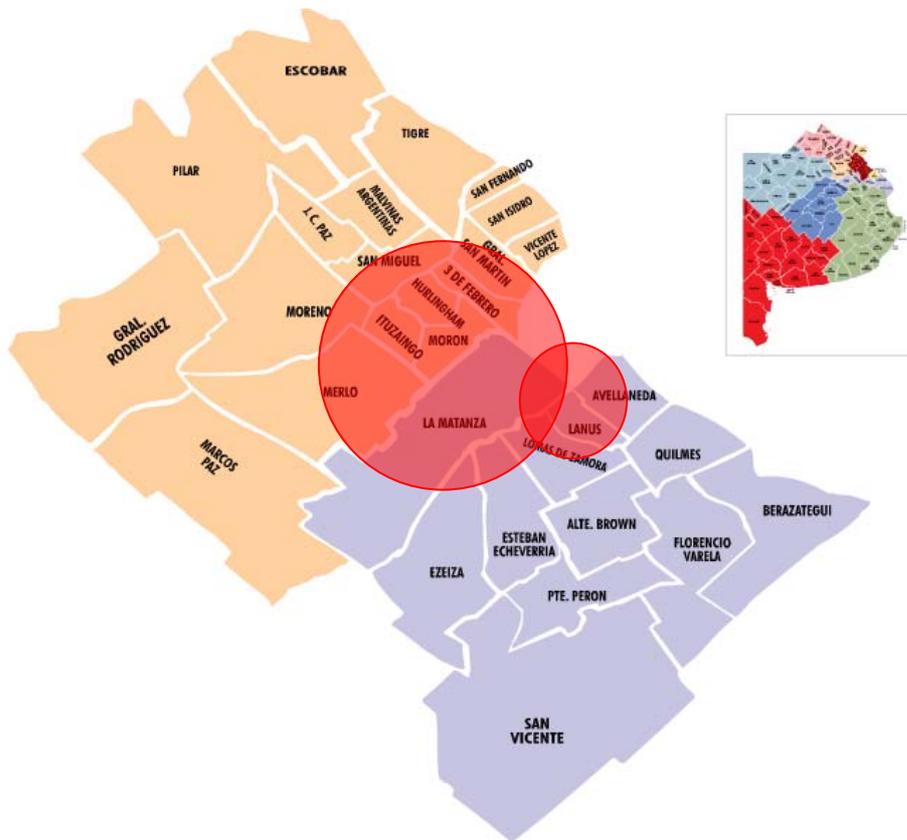


Figura 5.3 - Distribución de municipios foco

## 5.2 Ingeniería

### Consideraciones previas.

**Tipo de neumático.** El tamaño de los neumáticos a procesar es importante, a la hora de determinar el tamaño de la instalación. Se requieren equipos de logística, almacenaje y trituración especiales de acorde al tamaño de los mismos. Se define y dimensiona acorde la planta para neumáticos de automotor. Para poder procesar neumáticos gigantes, se contará con un triturador de gran tamaño para que pueda ser procesado en la primera etapa del proceso.

El producto final que se desea obtener es caucho granulado. Éste se consigue luego de procesar neumáticos a través de una malla fina extrayendo casi todas las fibras y metales.

Es usado como aditivo en pavimentos y también como materia prima en la producción de canchas de fútbol de césped sintético, felpudos de goma, superficies de patios de recreo, y productos nuevos de caucho, dependiendo del tamaño de granulación.

La obtención de caucho granulado es más costosa que aquella para obtener chips de TDF (50mm x 50mm), porque no solo requiere el sistema de trituración primaria sino que también se necesita equipamiento de procesamiento secundario que generalmente se basa en una de estas cuatro tecnologías o en una combinación de ellas:

- a) Prensas granuladoras
- b) Molinos a martillos
- c) Granuladores
- d) Sistemas criogénicos

En el proceso, además del triturador y el sistema secundario, hay que prever un complejo sistema de cribas, separadores y filtros para eliminar el metal y las fibras textiles.

Debido a la inminente posibilidad de expansión con respecto al diseño original de 10,000 toneladas anuales, se debe considerar una planta que pueda expandir su producción fácilmente.

Para procesar los neumáticos, se pueden trazar diferentes diagramas de proceso, los cuales buscarían llegar a un mismo resultado final. Existen 5 etapas principales que se pueden observar en el diagrama inferior.



Previamente, se debe definir si se buscará trabajar con una línea montada en línea o trabajar en batch. Se buscará trabajar en línea para tratar de reducir las etapas del proceso.

Etapas de alimentación: se resuelve alimentando la línea con un reach truck alimentando las tolvas primarias de cortado previo.

Para las etapas de Cortado Previo y Granulación se pueden tomar varias alternativas en lo que respecta al uso de maquinaria.

El primer método descartado es el de criogénesis. Este método consta de bajar la temperatura de los neumáticos mediante el uso de nitrógeno líquido. Esto se traduce en instalaciones muy complejas. En la Argentina este método no es rentable dada su complejidad. Los únicos usos que se le encuentran son en el procesamiento de alimentos (frutos), en los cuales se requieren productos de

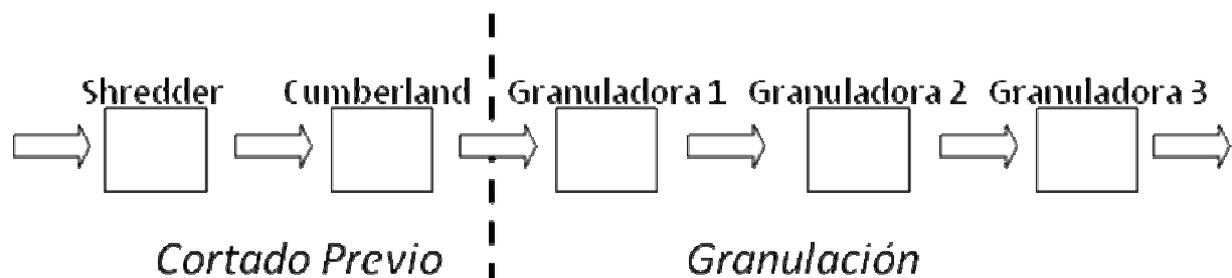
altísima calidad. Por lo tanto, al igual que la planta de reciclaje de Curtis, Galicia, la planta será de trituración mecánica exclusivamente.

El producto deseado, como se mencionó anteriormente, es el triturado del caucho. Comercialmente, se clasifican en 3 categorías:

- 4-6 mm
- 2-4 mm
- 0-2 mm

Para lograr estos tamaños, sin recurrir a la criogénesis, se pueden considerar varios dibujos de esquemas con sus combinaciones de máquinas, dependiendo de la tecnología que se use en cada caso. Cabe destacar que se considera para niveles de producción similares.

Alternativa de dibujo 1:

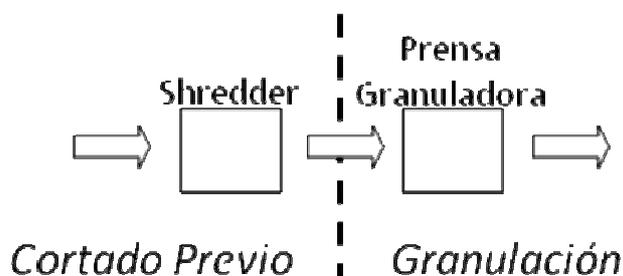


Nivel de complejidad: alto

Proveedores: Chinos o Locales (artesanal)

Costo Aproximado: U\$D 2,000,000<sup>34</sup>

Alternativa de dibujo 2:



---

<sup>34</sup> NOTA: Este presupuesto no es taxativo. Información sustentada en revistas, comentarios de gente idónea en el tema. No se encuentra formalizada en un presupuesto fijo y no tiene hecho un estudio de ingeniería completo. Requeriría una integración de tecnologías separadas, ya que no se encuentra a la venta la solución completa.

Nivel de complejidad: bajo

Proveedores: Europeos (Amandus Kahl)

Costo Aproximado: U\$D 4,500,000

Cabe mencionar, que el primer dibujo es una solución de menor calidad que la segunda. Se puede lograr ese nivel de costos, siempre y cuando se cuente con un especialista en molinos que pueda coordinar las máquinas necesarias. Se requiere un nivel de calibración muy alto, y una coordinación más compleja, lo cual lo hace más propenso a fallar.

El segundo dibujo, utiliza una tecnología europea desarrollada por la empresa Amandus Kahl, en la cual se utiliza una prensa granuladora de matriz plana que no requiere el enfriamiento del producto de entrada con nitrógeno que resulta necesario en el caso de molinos cortantes y molinos de martillos simples para lograr productos de alta calidad.

Utilizando esta tecnología, es importante mencionar que el gránulo no es cortado, sino triturado entre los rodillos y la matriz, contrariamente a lo que ocurre en los procesos con granuladoras tradicionales. La superficie del gránulo resulta mucho más larga y esponjosa que en el caso del gránulo "cortado". Las propiedades de enlace de estos gránulos son mucho mejores, sobre todo si es integrado en elastómeros termoplásticos.

Las herramientas de molienda de las prensas granuladoras de matriz plana tienen una vida mucho más larga que las herramientas de los molinos cortantes a igual rendimiento. Es común obtener una vida de más de 1.000 horas por juego de herramientas, sin alteración de la calidad del producto. Dependiendo del tamaño de la máquina, se pueden procesar más de 2,500 – 3.000 toneladas de producto con un juego de herramientas.

Debido a la vida larga de las herramientas la necesidad de mantenimiento es reducida a un mínimo. Se pueden cambiar las herramientas a la prensa granuladora de matriz plana en menos de una hora, lo que reduce considerablemente los tiempos muertos.

Las características mencionadas simplifican mucho el dibujo, y aseguran un producto final muy estandarizado. El set up es realizado íntegramente por ingenieros de Amandus Kahl, lo cual facilita el desarrollo del proyecto.

Conviene recordar que el principal objetivo de este proyecto es solucionar el problema de los neumáticos fuera de uso. Por ende se toma en alta consideración la calidad y seguridad de cumplimiento del proceso.

Para la planta, se tomará el segundo dibujo y se analizará si aún con este nivel de costos mayor se puede lograr una planta económicamente rentable, o al menos se encuentre en el break even. Evidentemente, de no ser posible esto, se consideraría una planta basada en el primer dibujo. Requeriría mayor trabajo previo, pero seguramente sería más viable.

A continuación se describe detalladamente el proceso elegido.

## PROCESO

Cortado Previo:

1) Los neumáticos son triturados en trozos relativamente grandes (50 mm - 50 mm) mediante trituradores de baja velocidad y alto torque de 2 ejes paralelos como el que se muestra en la Figura 5.4.



Figura 5.4: Cámara de trituración de un triturador de 2 ejes



Fig. 5.5: Partículas de 50 mm x 50 mm obtenidas en el proceso de trituración.

La tecnología requerida para esto no es muy compleja. Esta máquina se alimenta mediante una oruga que transporta los neumáticos enteros. Luego de

ser procesados, pasan un filtro de 50 mm x 50 mm. Las partículas que no pasan, vuelven al triturador para ser reprocesados.

Este tipo de partículas son las utilizadas en los hornos cementeros como combustible. Si bien el proyecto busca darle un valor agregado a éstas, buscando un tamaño de granulometría más bajo, se debe tener en consideración como posible producto secundario.

### 5.2.1 TECNOLOGIA KAHL

Este sistema, cuya disposición típica se observa en la Fig. 5.6, consta de una línea de trituración previa para los neumáticos así como una línea de granulación que puede incluir de una a tres prensas granuladoras (dependiendo del rendimiento requerido) que son conectadas en paralelo. En estas prensas granuladoras los recortes pretriturados son desmenuzados paso a paso y los componentes de caucho, acero y textiles son separados. En la línea de separación posterior se obtienen típicamente las siguientes fracciones como productos finales, con mínimas impurezas:

- gránulos de caucho de 3 - 6 mm, 30 % aprox.
- gránulos de caucho de < 3 mm, 35 % aprox.
- mezcla de caucho / textiles, 20 % aprox.
- componentes de acero, 15 % aprox.

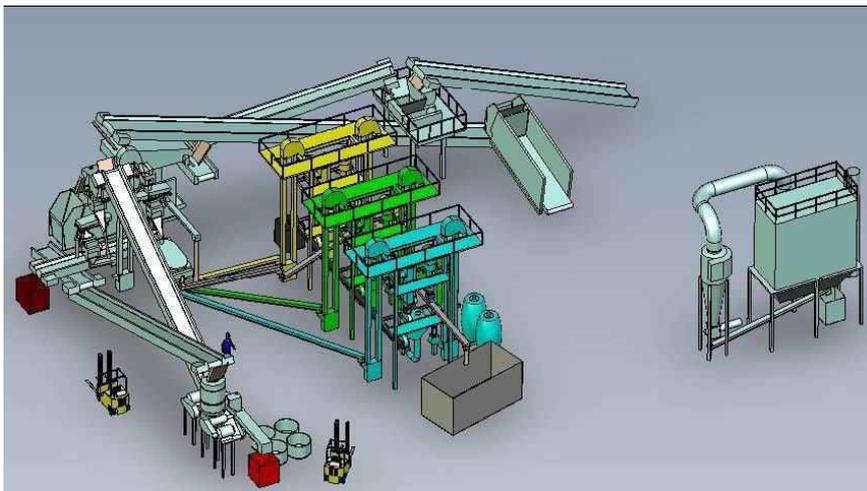


Fig. 5.6: Esquema típico de una Planta de Reciclaje de Neumáticos de Desecho

La planta típica, que se ilustra en la Fig. 5.6, consta de:

- una línea de trituración previa para producir recortes de aprox. 50 x 50 mm, (Fig. 5.5)

- un depósito de dosificación y almacenamiento para alimentar los recortes en la granuladora,
- una prensa granuladora de matriz plana Kahl, tipo 60-1250 (Fig. 5.7)
- una línea de separación de Fe para producir una fracción limpia de acero,
- una línea de clasificación y limpieza de la fracción de caucho constando de diferentes cribas para separar los textiles y minerales así como una línea de envasado de los productos finales en big-bags,
- una planta de aspiración para la succión de polvo, textiles y vahos compuesta por ciclón, filtros de aire, ventiladores y tubería,
- un sistema de mando eléctrico para el servicio automático de la planta,
- los transportadores necesarios entre las líneas individuales.

**Depósito de almacenamiento:** De este depósito se alimentan los trozos pretritурados a la prensa granuladora. El depósito permite desacoplar el triturador rotativo de la prensa granuladora. Los depósitos de almacenamiento recogen el granulado grueso devuelto por el sistema de clasificación / separación de Fe y lo realimentan nuevamente a las prensas granuladoras.

**Granulación:** La prensa granuladora tritura los trozos pretritурados de neumáticos entre los rodillos y la matriz por un efecto combinado de fuerzas de compresión, de fricción y de cizallamiento. Los alambres de acero y las fibras textiles son puestos al descubierto. La matriz es reversible y se puede utilizar por ambos lados. La matriz tiene una vida útil de aprox. 1.500 - 2.000 horas (ambos lados juntos), los rodillos de aprox. 2.500 h y los rodamientos de aprox. 4.000 h.



Fig. 5.7: Prensa Granuladora KAHL

### **Etapas de separación:**

La etapa de separación y clasificación de todos los componentes es independiente al diagrama de proceso que se elija, ya que va a ser siempre el mismo.

En la línea de separación de Fe los componentes que contienen hierro (alambres de acero puestos al descubierto y gránulos de caucho con inclusiones de hierro) son separados por imanes de cinta superior o tambores magnéticos y transportados a una máquina cribadora. Allí se separan los alambres de acero puestos al descubierto. Los compuestos de caucho / FE son devueltos a la prensa granuladora y molidos otra vez, hasta que todo el acero es separado. Se instalan tambores magnéticos a continuación de todos los demás pasos de la clasificación para obtener la mejor separación y pureza del granulado posible. El objetivo es un contenido de Fe de menos de  $< 0,5 \%$ .

Línea de Clasificación (= cribado): Después de separar los componentes de hierro la mezcla de caucho / textiles es clasificada en una criba, es decir separada según la granulometría. El diámetro máximo del granulado es determinado y todas las partículas de mayor tamaño son devueltas a la prensa granuladora. Actualmente el diámetro máximo del granulado es aprox. 6 mm. Todas las partículas más grandes son recirculadas. Los gránulos de caucho más pequeños son separados en 3 fracciones: 0,2 – 1,5 mm, 1,5 – 3 mm, 3 – 6 mm, las cuales son luego tratadas por separado.

La separación del granulado antes de la limpieza tiene el sentido siguiente: Después de la clasificación el granulado de caucho es limpiado por gravedad con mesas separadoras y clasificadoras trabajando según el principio de contracorriente. Sólo funcionan de manera óptima, si se ha escogido una banda muy estrecha del tamaño de grano. De lo contrario las partículas de caucho demasiado pequeñas son separadas en el flujo de aire de los clasificadores con los textiles en el filtro y son perdidas como producto de alta calidad. Una clasificación conveniente puede minimizar estas pérdidas.

Separación / limpieza del granulado: Se quitan todas las impurezas del granulado, es decir piedras / minerales, metales no férricos, por ejemplo el latón de válvulas, fibras textiles libres, compuestos de textiles / caucho, es decir partículas de caucho con fibras textiles incorporadas. La separación se hace según el peso. Si las partículas tienen un tamaño similar, se pueden separar debido a sus distintas densidades.

Función de la mesa separadora: Una mesa separadora consiste de una placa perforada e inclinada efectuando un movimiento lanzador en la dirección ascendente de la inclinación por medio de un accionamiento vibratorio. El aire pasando por la placa de abajo es evacuado por una caperuza de aspiración por encima de la placa. Si una mezcla de producto (en este caso granulado de caucho con impurezas) es dosificada sobre esta placa, las partículas ligeras serán fluidizadas por el flujo de aire (flotan), mientras que las fibras con una gran superficie de ataque en relación al peso serán arrastradas por el flujo de aire y descargadas. Las partículas ligeras flotan hacia abajo a la placa inclinada y serán separadas por el borde inferior, mientras que las partículas pesadas, que no flotan, mueven "aguas arriba" por el movimiento vibratorio cayendo sobre el borde superior de la mesa, tal como se ve en la Fig. 6. Dependiendo del ajuste de la mesa, se pueden separar o los compuestos más ligeros de caucho / textiles o los minerales más pesados del granulado de caucho.

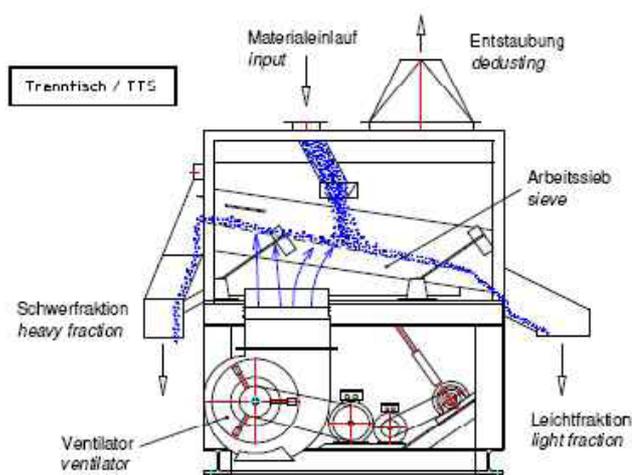


Fig. 5.8: Mesa separadora

zag

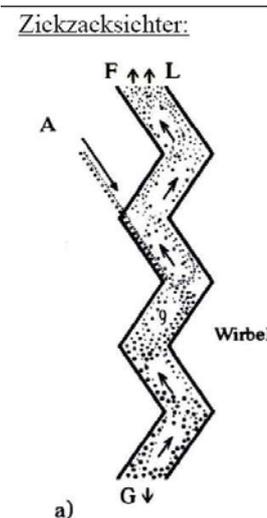


Fig. 5.9: Clasificador en zig-

Función del clasificador en zig-zag: El clasificador en zig-zag o híbrido consiste en un conducto de aire vertical con chapas deflectoras incorporadas formando un pozo en zig-zag. El producto a separar es dosificado arriba lateralmente en el pozo. Una corriente de aire es insuflada desde abajo en el conducto y fluye hacia arriba saliendo del pozo en un ciclón / filtro. En el pozo el flujo de aire se encuentra con las partículas y arrastra las partículas ligeras hacia arriba. Debido a sus diferentes características, las partículas rebotan de manera diferente de las chapas deflectoras, lo que intensifica la separación. Además el flujo de aire es fluidizado. Este principio sólo funciona correctamente, si la velocidad del aire corresponde exactamente a las partículas a separar, y es especialmente adecuado para poder separar las fibras textiles libres del granulado.

Envasado / almacenamiento: Después de la limpieza los granulados son envasados en bolsas y big-bags o almacenados en silos.

**Otros aspectos a considerar en el proceso:**

Aspiración: A través de la planta de aspiración el polvo es succionado en todos los puntos críticos para minimizar la carga de polvo del aire.

En la Fig. 5.10 se puede apreciar un diagrama de bloques indicativo de un sistema típico y en la figura 5.11, un diagrama de flujos del proceso.

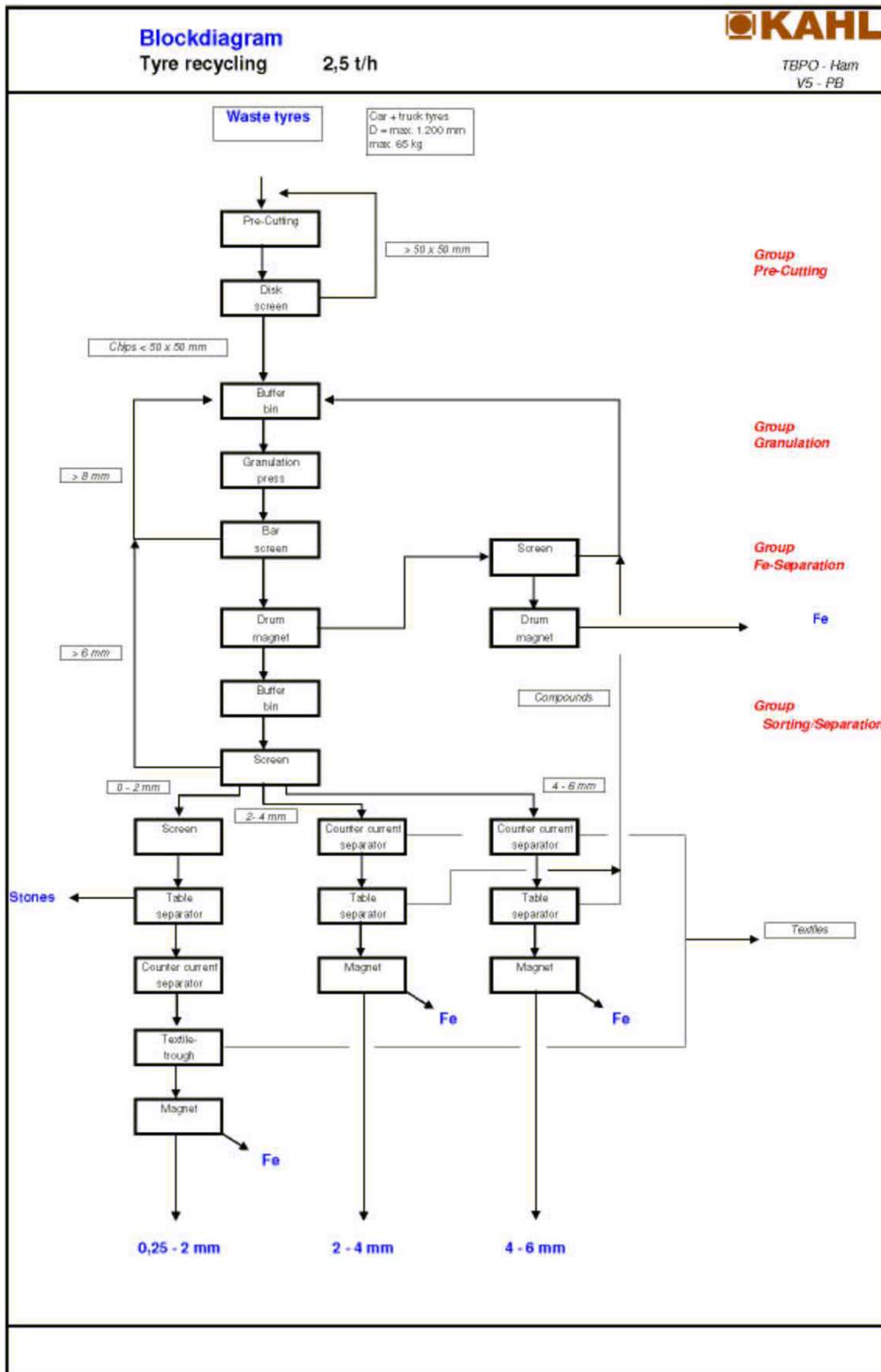


Fig. 5.10: Diagrama de bloques de un sistema típico.

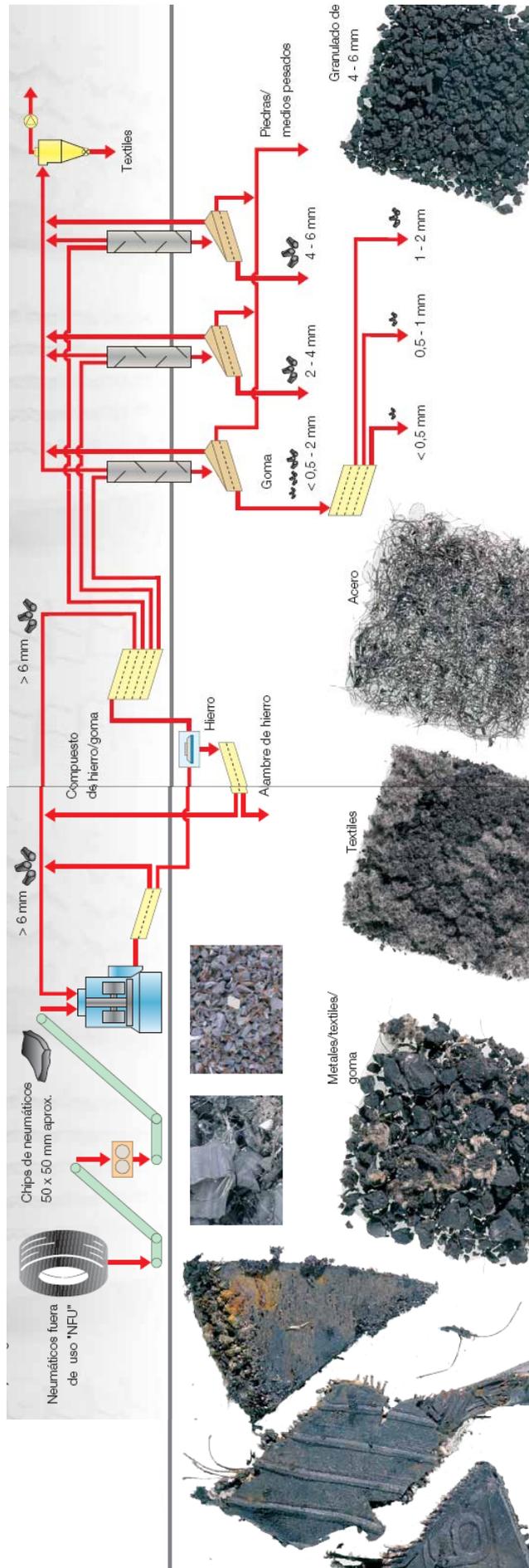


Figura 5.11 – Diagrama de fabricación de la tecnología KAHIL

### 5.2.2 Análisis Económico

A continuación se detalla la información más relevante utilizada para poder realizar el análisis Económico de la planta descrita anteriormente con tecnología KAHL. El presupuesto otorgado por la empresa KAHL data de Mayo 2009.

#### Activo Fijo:

Obras civiles - Amortizables en 30 años					
Cantidad	Unidad	Descripcion	Precio x u.	Unidad	Total
		Terreno	\$ -		
2400 m2		<b>Galpon</b>	300	\$/m2	\$ 720,000
500 m2		<b>Galpon Deposito</b>	240	\$/m2	\$ 120,000
		<b>Tendido electrico externo</b>	34000	\$	\$ 34,000
		<b>Instalacion electrica interna</b>	15000	\$	\$ 15,000
		Tablero General	70000	\$	\$ 70,000
		Iluminacion	15000	\$	\$ 15,000
		Pararrayos	2500	\$	\$ 2,500
		Protección electrica	2500	\$	\$ 2,500
		Protección diferencial	1000	\$	\$ 1,000
		Tierras para estáticas	2500	\$	\$ 2,500
		<b>Tendido de gas</b>	20000	\$	\$ 20,000
		<b>Tendido de agua</b>	15000	\$	\$ 15,000
12 m2		Baños	3000	\$/m2	\$ 36,000
400 m2		Playa de Estacionamiento	140	\$/m2	\$ 56,000
16 m2		Oficinas x 2	1800	\$/m2	\$ 28,800
		Sistema de Seguridad	10000	\$	\$ 10,000
		Sistema contra Incendios (bom)	20000	\$	\$ 20,000
		<b>Precio Total</b>			<b>\$ 1,168,300</b>

Tabla 5.7 – Obras Civiles

Maquinarias y/o equipos - Amortizables a 10 años		
Cantidad	Descripcion	Precio
	<b>Maquinaria de planta</b>	
	Maquinaria	\$ 14,716,000
	<b>Rodados y Equipos Auxiliares</b>	
1	Tractoelevador	\$ 50,000
	<b>Precio Total Ex-Factory</b>	\$ 14,766,000
	<b>Flete (7,4%)</b>	\$ 1,092,684
	<b>Seguro (0,5%)</b>	\$ 73,830
	<b>Precio Total CIF</b>	<b>\$ 15,932,514</b>

Tabla 5.8 – Maquinarias y/o Equipos

Muebles y utiles		
Cantidad	Descripcion	Precio
	Muebles Oficina (2 escritorios, 6 sillas, 1 estanterias,	\$ 8,800
	Computadora	\$ 3,000
	Impresora	\$ 400
	Mesa de comedor	\$ 1,000
	Lamparas	\$ 500
	8 sillas(comedor)	\$ 800
	Vajilla	\$ 500
	<b>Precio Total</b>	<b>\$ 15,000</b>

Tabla 5.9 – Muebles y útiles

	Valores Totales de Inversion	Vida Util	Valor Residual	Amortizacion
<b>Inversion Fija</b>				
Obras civiles	\$ 1,168,300.00	30	\$ 0.00	-\$ 38,943.33
Maquinarias y/o equipos	\$ 15,932,514.00	10	\$ 0.00	-\$ 1,593,251.40
Muebles y utiles (Primeros Cinco Años)	\$ 15,000.00	5	\$ 0.00	-\$ 3,000.00
Muebles y utiles (Segundos Cinco Años)	\$ 15,000.00	5	\$ 0.00	-\$ 3,000.00
Imprevistos (3%) (Primeros Cinco Años)	\$ 513,474.42	5	\$ 0.00	-\$ 102,694.88
Imprevistos (3%) (Segundos Cinco Años)	\$ 513,474.42	5	\$ 0.00	-\$ 102,694.88
<b>Inversion Asimilable</b>				
Organización de la empresa	\$ 60,000.00	5	\$ 0.00	-\$ 12,000.00
Gastos durante instalacion	\$ 20,000.00	5	\$ 0.00	-\$ 4,000.00
Imprevistos (10%)	\$ 8,000.00	5	\$ 0.00	-\$ 1,600.00
	<b>\$ 18,245,763</b>			

Tabla 5.10 – Activo Fijo Total

### Análisis de Costos:

Los dos costos más importantes a tener en cuenta son el costo de desgaste de las herramientas, y el costo de energía consumida.

Ambos son variables y dependen del uso de la instalación. Tiene los siguientes valores.

Mantenimiento	
Tiempo uso de herramientas	7000 horas
Costo de reemplazo	400,000 U\$D
Costo mantenimiento	<b>\$ 286 /hora</b>

Tabla 5.11 – Costos de Mantenimiento

<b>Energía</b>	
Consumo	300 wkh/ton
Precio	0.19 \$/KWh
Costo energia	57 \$/ton
A 2,5 tn/hora:	<b>142.5 \$/hora</b>

Tabla 5.12 – Costos de consumo eléctrico

Personal:

Se requieren 26 personas en total para poder operar la planta durante 3 turnos.

A continuación se muestra el detalle.

	Cantidad	Sueldo básico	Dias Habiles			Total
			Primer Turno	Segundo Turno	Tercer Turno	
<b>Mano de Obra Directa</b>						
Alimentacion del Molino	2	\$ 1,500.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 4,080.00	\$ 11,580.00
Envasado	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 2,040.00	\$ 5,040.00
Operario Prensa	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 2,040.00	\$ 5,040.00
Estiba	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 2,040.00	\$ 5,040.00
Cargas Sociales (48%)		2880	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 4,896.00	\$ 12,096.00

	Cantidad	Sueldo básico	Dias Habiles			Total
			Primer Turno	Segundo Turno	Tercer Turno	
<b>Gastos Generales de Fabricación</b>						
<b>Mano de Obra indirecta</b>						
Gerente General	1	\$ 5,500.00	\$ 5,500.00			
Jefe Supervision	1	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 5,440.00	\$ 8,000.00
Jefe Mantenimiento	1	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 5,168.00	\$ 7,600.00
Recepcion de Materia Prima	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00			
Despacho de producto final	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00			
Cargas Sociales (48%)		\$ 3,744.00	\$ 5,184.00	\$ 3,744.00	\$ 5,091.84	\$ 7,488.00

Tabla 5.13 – Costos de Mano de Obra

Otros gastos generales de fabricación:

Mantenimiento de Instalaciones	mensual	\$ 3,000.00
Materiales de Higiene y Limpieza	mensual	\$ 1,000.00
Elementos de proteccion de personal	mensual	\$ 1,000.00
Uniformes	mensual	\$ 750.00
Gastos Tractoelevador	mensual	\$ 1,800.00

Tabla 5.14 – Otros Gastos Generales de fabricación

Ventas:

El factor limitante de la planta es la prensa granuladora Kahl. Ésta trabaja a 2,5 ton/hora, pero entregando una producción efectiva de 1.67 ton/hora.

El producto final se encuentra distribuido en la siguiente proporción y con el precio de mercado correspondiente:

TONELADAS 3 - 6 mm	30%	USD 120	\$462
TONELADAS 1.5 - 3 mm	20%	USD 180	\$693
TONELADAS 0.2 - 1.5 mm	15%	USD 230	\$886
TONELADAS Textiles y Caucho	20%	USD 0	\$0
TONELADAS Acero	15%	USD 150	\$578

Tabla 5.15 – Precio de Venta

**Cuadro de Resultados:**

Comenzando a vender la producción en el 6to mes (1/3 de la final), y llegando a la máxima capacidad de producción en el 8vo mes, se obtiene el siguiente cuadro de resultados.



**Flujo de Fondos:**

Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Egresos</b>										
Inversión Activo Fijo	\$ 17,717,288.42	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Δ Activo de Trabajo	\$ 294,260.59	\$ 368,465.06	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
IVA Inversión	\$ 3,720,630.57	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
IG / Impuesto Activos	\$ 64,564.50	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69
<b>Total de Egresos</b>	\$ 21,796,744.08	\$ 1,015,545.75	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69
<b>Ingresos</b>										
Utilidad antes de Impuestos	\$ -1,365,644.00	\$ 246,759.53	\$ 246,759.53	\$ 246,759.53	\$ 246,759.53	\$ 264,359.53	\$ 264,359.53	\$ 264,359.53	\$ 264,359.53	\$ 264,359.53
Recupero del Crédito Fiscal	\$ -	\$ 3,281,846.07	\$ 1,068,807.60	\$ 1,068,807.60	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortizaciones	\$ 1,755,489.62	\$ 1,755,489.62	\$ 1,755,489.62	\$ 1,755,489.62	\$ 1,755,489.62	\$ 1,737,889.62	\$ 1,737,889.62	\$ 1,737,889.62	\$ 1,737,889.62	\$ 1,737,889.62
<b>Total de Ingresos</b>	\$ 389,845.62	\$ 5,284,095.21	\$ 3,071,056.74	\$ 3,071,056.74	\$ 2,002,249.14	\$ 2,002,249.14	\$ 2,002,249.14	\$ 2,002,249.14	\$ 2,002,249.14	\$ 2,002,249.14
<b>Flujo de fondos neto (Ingresos - Egresos)</b>	\$ -21,406,898.46	\$ 4,268,549.46	\$ 2,423,976.05	\$ 2,423,976.05	\$ 1,355,168.45	\$ 1,349,008.45	\$ 1,349,008.45	\$ 1,349,008.45	\$ 1,349,008.45	\$ 1,349,008.45
Flujo de fondos acumulado	\$ -21,406,898.46	\$ -17,138,349.00	\$ -14,714,372.94	\$ -12,290,396.89	\$ -10,935,228.43	\$ -9,586,219.98	\$ -8,237,211.52	\$ -6,888,203.07	\$ -5,539,194.62	\$ -4,190,186.16
Flujo de fondos acumulado (M)	\$ -21.41	\$ -17.14	\$ -14.71	\$ -12.29	\$ -10.94	\$ -9.59	\$ -8.24	\$ -6.89	\$ -5.54	\$ -4.19
TIR= -5%										

Tabla 5.17 – Flujo de fondos utilizando tecnología KAHL

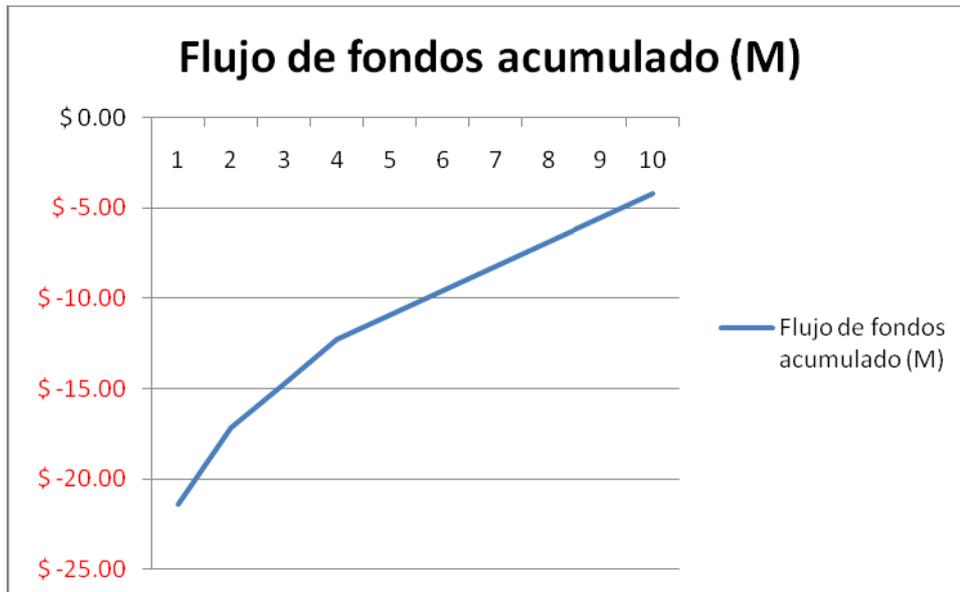


Gráfico 5.2 – Flujo de fondos acumulado utilizando tecnología KAHL

Este proyecto muestra una señal económica alarmante. Cabe destacar, que a pesar de usar la tecnología más avanzada (costosa), muestra un resultado operativo positivo a partir del 2º año. Esta tecnología, es ideal ya que simplifica la operación, y produce un producto de mayor calidad que su competidora, pero con una TIR del -5%, se tiene que descartar el proyecto y analizar otras tecnologías más viables con nuestro país.

Se analiza el caso de utilizar la tecnología más barata mencionada en la sección 5.2.

La capacidad productiva para esta planta sería la misma, y no presentaría grandes cambios operativos. A continuación se presentan los cambios más importantes en consideración con la tecnología desarrollada por Kahl:

- este diseño requiere una dotación de mano de obra mayor que la anterior;
- el número de empleados asciende de una dotación de 23 a 37, la cual causa un incremento en los costos de producción. Sin embargo, de los resultados se puede apreciar como la planta resulta ser mucho más rentable que la anterior, mientras a la vez, emplea una mayor cantidad de mano de obra poco calificada.

**Cuadro de Resultados de la segunda planta:**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ventas	\$ 2,152,150.00	\$ 5,165,160.00	\$ 5,165,160.00	\$ 5,165,160.00	\$ 5,165,160.00	\$ 5,165,160.00	\$ 5,165,160.00	\$ 5,165,160.00	\$ 5,165,160.00	\$ 5,165,160.00
Costo MP										
Costos Operativos	\$ -1,472,373.07	\$ -2,575,489.60	\$ -2,575,489.60	\$ -2,575,489.60	\$ -2,575,489.60	\$ -2,575,489.60	\$ -2,575,489.60	\$ -2,575,489.60	\$ -2,575,489.60	\$ -2,575,489.60
<b>Resultado Bruto</b>	\$ 679,776.93	\$ 2,589,670.40	\$ 2,589,670.40	\$ 2,589,670.40	\$ 2,589,670.40	\$ 2,589,670.40	\$ 2,589,670.40	\$ 2,589,670.40	\$ 2,589,670.40	\$ 2,589,670.40
Costo de Administracion	\$ -62,700.00	\$ -75,600.00	\$ -75,600.00	\$ -75,600.00	\$ -75,600.00	\$ -75,600.00	\$ -75,600.00	\$ -75,600.00	\$ -75,600.00	\$ -75,600.00
Costo de Comercializacion										
<b>Resultado Operativo</b>	\$ 617,076.93	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40
Amortizaciones	\$ -953,041.63	\$ -953,041.63	\$ -953,041.63	\$ -953,041.63	\$ -953,041.63	\$ -935,441.63	\$ -935,441.63	\$ -935,441.63	\$ -935,441.63	\$ -935,441.63
Ingresos Extraordinarios										
<b>RAII</b>	\$ -335,964.70	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77
<b>RAI</b>	\$ -335,964.70	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77
Ingresos brutos	\$ -64,564.50	\$ -154,954.80	\$ -154,954.80	\$ -154,954.80	\$ -154,954.80	\$ -154,954.80	\$ -154,954.80	\$ -154,954.80	\$ -154,954.80	\$ -154,954.80
Impuesto a las Ganancias	\$ 0.00	\$ -492,126.24	\$ -492,125.09	\$ -492,125.09	\$ -492,125.09	\$ -498,285.09	\$ -498,285.08	\$ -498,285.08	\$ -498,285.08	\$ -498,285.08
<b>Resultado Neto</b>	\$ -400,529.20	\$ 913,947.73	\$ 913,948.88	\$ 913,948.88	\$ 913,948.88	\$ 925,388.88	\$ 925,388.89	\$ 925,388.89	\$ 925,388.89	\$ 925,388.89
<b>Resultado</b>										
\$ por tonelada	\$ (38.51)	\$ 87.88	\$ 87.88	\$ 87.88	\$ 87.88	\$ 88.98	\$ 88.98	\$ 88.98	\$ 88.98	\$ 88.98
\$ por neumático	\$ (0.35)	\$ 0.80	\$ 0.80	\$ 0.80	\$ 0.80	\$ 0.81	\$ 0.81	\$ 0.81	\$ 0.81	\$ 0.81

Tabla 5.18 - Cuadro de Resultados de la segunda planta

**Flujo de Fondos:**

Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Egresos</b>										
Inversion Activo Fijo	\$ 9,919,916.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Δ Activo de Trabajo	\$ 284,993.45	\$ 356,858.68	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
I/A Inversion	\$ 2,083,182.47	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
IG / Impuesto Activos	\$ 64,564.50	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69
<b>Total de Egresos</b>	\$ 12,352,656.92	\$ 1,003,939.37	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 647,080.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69	\$ 653,240.69
<b>Ingresos</b>										
Utilidad antes de Impuestos	\$ -335,964.70	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,561,028.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77	\$ 1,578,628.77
Recupero del Credito Fiscal	\$ -	\$ 1,644,397.97	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortizaciones	\$ 953,041.63	\$ 953,041.63	\$ 953,041.63	\$ 953,041.63	\$ 953,041.63	\$ 935,441.63	\$ 935,441.63	\$ 935,441.63	\$ 935,441.63	\$ 935,441.63
<b>Total de Ingresos</b>	\$ 617,076.93	\$ 4,158,468.37	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40	\$ 2,514,070.40
<b>Flujo de fondos neto (Ingresos - Egresos)</b>	\$ -11,735,579.99	\$ 3,154,529.00	\$ 1,866,989.71	\$ 1,866,989.71	\$ 1,866,989.71	\$ 1,860,829.71	\$ 1,860,829.71	\$ 1,860,829.71	\$ 1,860,829.71	\$ 1,860,829.71
Flujo de fondos acumulado	\$ -11,735,579.99	\$ -8,581,050.99	\$ -6,714,061.28	\$ -4,847,071.56	\$ -2,980,081.85	\$ -1,119,252.14	\$ 741,577.57	\$ 2,602,407.28	\$ 4,463,236.99	\$ 6,324,066.71
Flujo de fondos acumulado (M)	\$ -11.74	\$ -8.58	\$ -6.71	\$ -4.85	\$ -2.98	\$ -1.12	\$ 0.74	\$ 2.60	\$ 4.46	\$ 6.32
<b>TIR= 10%</b>										

Tabla 5.19 -Flujo de Fondos de la segunda planta

**Flujo de fondos acumulado.**

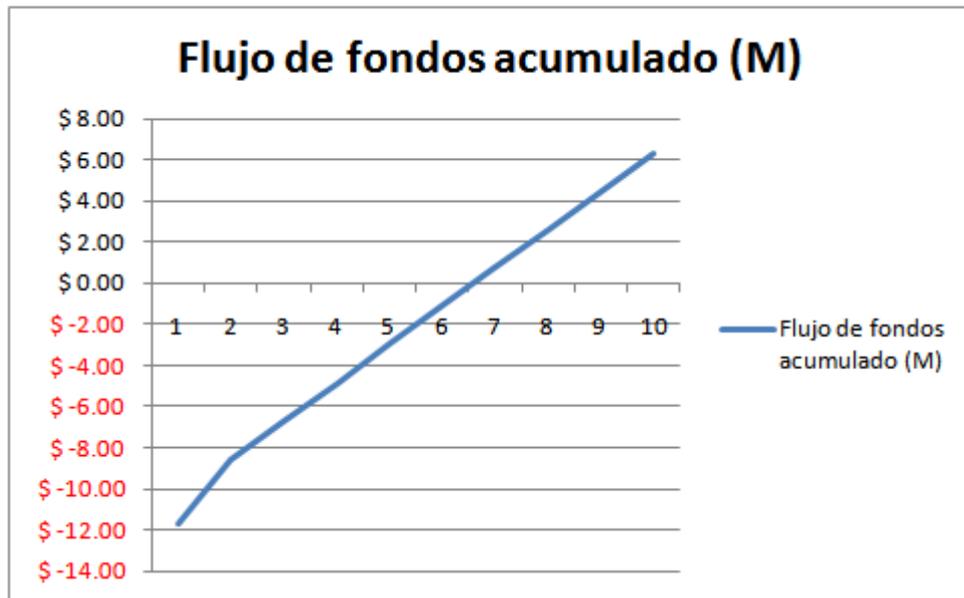


Gráfico 5.3 - Flujo de fondos acumulado para la segunda planta

De los cálculos realizados, es posible encontrarse ante un proyecto de una TIR de aproximadamente 10%, con una inversión inicial de 12 Millones de Pesos Argentinos. Todo esto considerando que se realiza en su totalidad con capital propio.

Para determinar que tan atractivo puede ser este proyecto para un inversor privado, se estima el costo de capital propio mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo del capital Propio} = R_f + R_p$$

Donde  $R_f$  es la tasa libre de riesgo para Argentina y  $R_p$  es una prima de riesgo. La tasa libre de riesgo para Argentina se calcula de la siguiente manera:

$$R_f = \text{US Long-Term Treasury Bond Yield (current) (4.488\%)}^{35} + \text{Argentine EM-BI (794 bps)}^{36}$$

$$R_f = \text{Tasa libre de riesgo para Argentina: 12.4\%}$$

La prima de riesgo se calcula de la siguiente forma:

<sup>35</sup> 20-yr US Treasury (6 1/8, 08/15/29) as of February 15th, 2010. Source: Bloomberg.

<sup>36</sup> Country risk spread assuming USD-denominated EMBI+ for Argentina as of February 15th, 2010. Source: Bloomberg.

$$R_p = \text{Industry Beta} \times \text{Prima de riesgo del Mercado (6.47\%)}^{37}.$$

El valor del unlevered Beta utilizado (1.27) sale del estudio del INSEAD (Institut Européen d'Administration des Affaires) proporcionado por la cátedra de proyectos de inversión del ITBA para el mercado europeo:

<i>Industry Group</i>	Number of Firms	Average Beta	Market D/E Ratio	Unlevered Beta	Tax Rate
Recycling	3	1.30	2.91%	1.27	35.70%

Tabla 5.20

Se asume también, una relación de Pasivo sobre patrimonio de 20%. Para estos valores, el costo de capital termina siendo 13 %.

Este es mayor a la TIR (10%) resultante del proyecto, lo cual significa que no podemos esperar un fuerte entusiasmo de parte del sector privado para invertir de forma espontánea. Ni aún utilizando la alternativa de tecnología más económica encontramos un proyecto que sea económicamente atractivo para el sector privado.

### 5.3 Análisis de combustibles alternativos.

Abajo se muestra una comparación del poder calorífico de los neumáticos en comparación con los dos principales combustibles utilizados en los hornos cementeros. (TDF= Tire Derived Fuel).

Combustible	Poder Calorífico	
	BtU/lb	Kcal/kg
Chips TDF	15100	8,400
Gas Natural	16700	9,300
Diesel	19697.4359	10,969

<sup>37</sup> Country risk spread assuming USD-denominated EMBI+ for Argentina as of February 15th, 2010. Source: Bloomberg.

Tabla 5.21 – Poder calorífico por combustible

Actualmente, hay varias empresas Fuel Blending, que se dedican a reutilizar los residuos como combustibles. De entre éstas destaca Recycomb S.A., perteneciente a Loma Negra. Éstos, cobran por retirar los residuos, para luego transformarlos en combustible para diferentes industrias como la cementera. Siguiendo este modelo, se busca determinar un precio razonable para el combustible derivado de neumáticos.

Tomando en consideración los precios de estos combustibles, se calculó el precio de venta que se podría obtener de la industria cementera, igualando el precio por poder calorífico.

	US\$/Gallon	US\$/MMBTU	US\$/MM Kcal	US\$/Kg
Gas Natural		7	28	0.260
Diesel	2.57	18.489	73.957	0.811

Tabla 5.22 – Precio por cantidad de energía

Obteniendo los siguientes resultados:

Chips TDF	
US\$/Kg	0.2352
AR\$/Kg	0.8938
US\$/Tonelada	235.2
<b>AR\$/Tonelada</b>	<b>893.76</b>
US\$/tire	2.1168
AR\$/tire	8.0438

Tabla 5.23 – Precio de tonelada de TDF

Este cálculo muestra cómo puede llegar a ser aprovechado el neumático fuera de uso como valor energético. USD 235 es el valor que se le puede atribuir igualando el costo por KCaloría con el del Gas, que es el más barato de los combustibles utilizados en la industria. Este es el valor al cual podría venderse teóricamente como combustible alternativo a la industria cementera utilizando un tamaño de granulación de 50mm x 50 mm.

### **US\$ 235 por tonelada.**

Este análisis se presenta como alternativa, ante la posibilidad de que no pudiera venderse el producto final como gránulos de caucho triturado, en cuyo caso resultaría excesiva la capacidad de maquinaria. Sin embargo, el valor es estimativo, ya que resulta ser en principio mayor al valor promedio de utilización

del neumático como elemento reciclable. Es decir, tendría más valor como combustible que como producto reciclable.

En la actualidad no se utiliza como combustible en el país, ya que representa combustible poco abundante (en términos de la industria cementera), y no existe confianza de provisión, lo que resulta de interés para esa industria a la hora de planificar.

No obstante, puede considerarse como alternativa.

## 6. CONCLUSIONES y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Realizando un recorrido por la situación de disposición, se obtienen varias conclusiones.

En primera instancia, se debe mencionar que la disposición de neumáticos en el país, como todo problema ecológico, es responsabilidad del gobierno. Como dice el artículo nro. 41 de la Constitución:

*“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo...”*

Según pudo observarse en el estudio realizado, parece afirmable que para los usos más importantes de los neumáticos fuera de uso, en cualquiera de los casos, el paso inicial es triturar los neumáticos. No sólo por una cuestión de producción, sino que el triturado debería ser realizado en todos los centros de acopio de neumáticos por dos principales razones: ocupa menos espacio para el transporte, y evita la reproducción de insectos que transmitan enfermedades, como dengue.

Es importante destacar, que para que una empresa pueda considerar la instalación de una planta de reciclaje, deberá contar con el apoyo gubernamental, principalmente por la natural dificultad en el aprovisionamiento de la materia prima (neumáticos fuera de uso).

La planta de reciclaje planteada, trataría solamente el 10% de los neumáticos desechados anualmente en la Argentina.

También es importante, tanto para reducir, reciclar y reutilizar, generar conciencia ambiental, mediante la sensibilización de la comunidad. Esto mejoraría ampliamente el impacto ambiental del residuo en la comunidad. Instalando centros de acopio, generando la conciencia necesaria, se puede instalar plantas de reciclaje en lugares menos urbanos que el conurbano bonaerense. Dependiendo de su volumen, se pueden instalar más plantas, que nos acerquen a tratar el 100% de los residuos, o instalar máquinas chipeadoras primarias (fijas o móviles), para luego trasladar los chips a plantas de tratamiento completas.

Como se mencionó anteriormente, el procedimiento propuesto permitiría una ocupación más eficiente de terrenos sanitarios y la aplicación de los triturados, por ejemplo, como combustible alternativo al gas en los hornos cementeros (contribu-

yendo a paliar el déficit de gas), como ingrediente en la mezcla de asfaltos para caminos, como aditivo del piso de canchas de césped sintético o para la fabricación de otros productos a partir del polvo de goma.

Cabe destacar, que este reciclaje incentivaría nuevas industrias, tales como los mencionados proyectos de utilización de miga de goma (como aquellos que fomenta la empresa FORD en todo el mundo), incrementando la producción nacional y otorgando más fuentes de trabajo que hasta el momento no fueron contempladas.

Es importante tener en cuenta que a diferencia de lo que se emplea en España, en la Argentina no se puede esperar utilizar el producto como aditivo de asfalto de forma inmediata. Ésta es una medida que debería ser promocionada por el gobierno, ya que el asfalto aditivado es más costoso, aunque resulte más económico en el mediano y largo plazo. Mientras no sea legislado, como en España, probablemente no ocurra ningún avance en este aspecto (Anexo 1).

Desde el punto de vista medioambiental, la valorización energética de neumáticos desechados al interior de los hornos de cementos da absolutas garantías de limpieza de los gases de combustión y de captura de los elementos peligrosos al interior de la estructura cristalina del cemento. Razones como ésta la convirtieron en la alternativa de disposición más utilizada en el mundo.

En nuestro país la valorización en hornos cementeros presenta algunas señales desalentadoras. En primera instancia, los neumáticos requieren el trozado previo, lo cual incrementa considerablemente sus costos en relación al fuel oil, gas y petróleo. Pero lo más importante es que no existen antecedentes de la fiabilidad y suministros de neumáticos desechados, lo cual asocia un riesgo importante para la planificación de estas industrias.

El programa de reciclaje planteado no tendrá costo para el consumidor, a diferencia de Europa y Estados Unidos, donde la recolección, almacenamiento y transporte de neumáticos corresponde al comprador. Las empresas que los aprovechan como materia prima deberán absorber los costos, en los planes de la Asociación Nacional de la Industria de Neumáticos.

El proyecto estudiado presenta una baja tasa interna de retorno, lo cual dificulta en la actualidad la realización del mismo por parte del sector privado. En este caso el retorno se encuentra al límite y es muy difícil que existan inversiones que lo impulsen.

Es probable que en el futuro próximo (5 años), se puedan realizar proyectos de reciclaje como este económicamente viables, pero la realidad indica que en el presente hacen falta incentivos, que provengan de parte del gobierno o de los fabricantes.

Cobrarles a los fabricantes es muy complicado, ya que imponer un impuesto sobre el precio de venta, sería un cargo que terminaría pagando el consumidor. Sin embargo, también se podría exigir cierta trazabilidad de volúmenes de neumáticos, y cobrar aranceles por diferencias sobre volúmenes vendidos vs volúmenes reciclados.

También el estado podría otorgar subsidios (financiados mediante el ahorro anual de \$500,000 hoy en día pagados al CEAMSE), ofrecer préstamos con una baja tasa de interés, eximir de impuestos a las ganancias o ingresos brutos al inversor. Todas estas medidas podrían hacer más atractivo el proyecto.

Hace falta un fuerte liderazgo de coordinación y asignación de responsabilidades para que este tema deje de ser una sumatoria de esfuerzos individuales

Principalmente, se requiere de una Ley de reciclaje de materiales que obligue a reciclar y ofrezca el marco regulatorio correspondiente para que la industria se desarrolle.

Reciclar los neumáticos claramente evita aumentar el pasivo ambiental de una comunidad. Proyectos como éste facilitan la generación de conciencia, por ende, lo que se gana, es mucho más que una tasa de retorno razonable, sino que la comunidad gana en calidad de vida. El problema radica en que es mucho más difícil de percibir, y en esto es donde la educación debe jugar un papel fundamental.

Por los antecedentes recopilados y los resultados obtenidos en los análisis, puede concluirse que en la actualidad y bajo las condiciones de sensibilidad y riesgo descritas en el presente trabajo, invertir en una empresa de recolección y suministro de neumáticos desechados resulta inviable desde el punto de vista de un inversionista privado. Sin embargo, según la convicción del autor, debido a factores como la tendencia al alza de los combustibles tradicionales y las prácticas ecológicas que encaminen a la comunidad en esta dirección, harán de éste un proyecto interesante y rentable en el corto plazo.

A partir de los datos presentados, se abren numerosas líneas de investigación cuya puesta en marcha dependerá, en buena medida, de la participación activa del Estado, mediante la acción coordinada con los organismos teesta buscan-

do respectivos.

## 7. ANEXO

### 9478 LEY 10/1998, de 21 de abril, de Residuos (España)

9478 LEY 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.

JUAN CARLOS I REY DE ESPAÑA

A todos los que la presente vieren y entendieren. Sabed: Que las Cortes Generales La Directiva Comunitaria 91/156/CEE, del Consejo, de 18 de marzo de 1991, por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE, del Consejo, de 15 de julio de 1975, ha significado la asunción por la Unión Europea de la moderna concepción de la política de residuos, consistente en abandonar la clasificación en dos únicas modalidades (general y peligrosos) y establecer una norma común para todos ellos, que podrá ser completada con una regulación específica para determinadas categorías de residuos.

La adecuación de nuestro Derecho a este cambio sería ya razón suficiente para la promulgación de esta Ley. Se pretende, sin embargo, contribuir también a la protección del medio ambiente coordinando la política de residuos con las políticas económica, industrial y territorial, al objeto de incentivar su reducción en origen y dar prioridad a la reutilización, reciclado y valorización de los residuos sobre otras técnicas de gestión.

Esta Ley es aplicable a todo tipo de residuos, con excepción de las emisiones a la atmósfera, los residuos radiactivos y los vertidos a las aguas. Respecto a los residuos mineros, la eliminación de animales muertos y otros desperdicios de origen animal, los residuos producidos en las explotaciones agrícolas y ganaderas que no sean peligrosos y se utilicen exclusivamente en el marco de dichas explotaciones y los explosivos desclasificados, la Ley sólo será de aplicación en los aspectos no regulados expresamente por su normativa específica.

Siguiendo el criterio de la normativa comunitaria, como complemento de esta regulación de carácter general se podrán dictar, posteriormente, normas para los diferentes tipos de residuos, con la finalidad de establecer disposiciones particulares sobre su producción o gestión. En cuanto al ejercicio efectivo de las competencias sobre residuos, la Ley respeta el reparto constitucional entre el Estado y las Comunidades Autónomas, al tiempo que garantiza las competencias que tradicionalmente han

han aprobado y Yo vengo en sancionar la siguiente Ley.

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

venido ejerciendo las Entidades locales en materia de residuos sólidos urbanos. La Ley prevé la elaboración de planes nacionales de residuos, que resultarán de la integración de los respectivos planes autonómicos de gestión, y admite la posibilidad de que las Entidades locales puedan elaborar sus propios planes de gestión de residuos urbanos.

Por otra parte, no se limita la Ley a regular los residuos una vez generados, sino que también los contempla en la fase previa a su generación, regulando las actividades de los productores, importadores y adquirentes intracomunitarios y, en general, las de cualquier persona que ponga en el mercado productos generadores de residuos.

Con la finalidad de lograr una estricta aplicación del principio de «quien contamina paga», la Ley hace recaer sobre el bien mismo, en el momento de su puesta en el mercado, los costos de la gestión adecuada de los residuos que genera dicho bien y sus accesorios, tales como el envasado o embalaje. Con ello, además, se acomoda el desarrollo económico de España a los principios proclamados en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y el Desarrollo y la Agenda 21, firmados por España en la Conferencia Internacional de Río de Janeiro de 1992 y a los principios de la política comunitaria de medio ambiente, tal como figuran recogidos en el artículo 130.R del Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea, tras las modificaciones introducidas por el Tratado de la Unión Europea.

Debe destacarse, asimismo, el fomento de la colaboración entre la Administración y los responsables de la puesta en el mercado de productos que con su uso se transforman en residuos, mediante la creación de un marco jurídico adecuado, con la suficiente operatividad, para la suscripción de acuerdos voluntarios y de convenios de colaboración.

Con carácter general, se establece el régimen al que habrá de adecuarse la producción, la posesión y la gestión de residuos,

manteniéndose un mínimo nivel de intervencionismo administrativo en los supuestos de eliminación

y valorización de los residuos dentro del propio proceso productivo, cuando ello permita al gestor beneficiarse de las medidas de incentivación de mercados de valorización.

La Ley regula también la forma en que habrá de hacerse la recogida de los residuos urbanos por las Entidades locales, el traslado interno y externo de los residuos dentro del margen de limitación de movimientos que a los

Estados miembros de la Unión Europea permite el Reglamento 259/93, del Consejo, de 1 de febrero de 1993, relativo a la vigilancia y control de los traslados de residuos en el interior y a la entrada y salida de la Comunidad Europea, tomándose como básico el principio de proximidad, y regulándose también los supuestos en los que las Comunidades Autónomas pueden limitar su movimiento dentro del territorio nacional.

Para la consecución de los objetivos de reducción, reutilización, reciclado y valorización, así como para promover las tecnologías menos contaminantes en la eliminación de residuos, la Ley prevé que las Administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, puedan establecer instrumentos de carácter económico y medidas de incentivación.

Asimismo, se dictan normas sobre la declaración de suelos contaminados y se regula la responsabilidad administrativa derivada del incumplimiento de lo establecido en esta Ley, tipificándose tanto las conductas que constituyen infracción como las sanciones que procede imponer como consecuencia de ello, que pueden llegar hasta un máximo de 200.000.000 de pesetas, en el supuesto de infracciones muy graves.

Por otra parte, es preciso destacar que algunas de las obligaciones que esta Ley impone a las Entidades locales en materia de residuos, suponen una modificación del régimen general establecido en la Ley 7/1985, reguladora de las Bases de Régimen Local.

Así, se atribuye de forma genérica a las Entidades locales, como servicio obligatorio, la recogida, el transporte y la eliminación de los residuos urbanos, mientras que en la actualidad sólo existe esta obligación para municipios de más de 5.000 habitantes. Igualmente, se obliga a los municipios de más de 5.000 habitantes a implantar sistemas de recogida selectiva de residuos,

a partir del año 2001, lo que tampoco está contemplado en el artículo 26.2.b) de la Ley 7/1985.

En la articulación de la presente Ley confluyen una pluralidad de títulos competenciales del Estado, entre los que cabe destacar el de legislación básica sobre protección del medio ambiente, de acuerdo con el artículo 149.1.23.a de la Constitución. Otros títulos habilitantes son los derivados del artículo 149.1.8.a, ordenación de los registros públicos; 10.a, comercio exterior, en la medible núm. 96 Miércoles 22 abril 1998 13373 da en que se dictan normas sobre la importación y exportación de residuos a países terceros, y 18.a, bases del régimen jurídico de las Administraciones públicas, por la modificación de la Ley reguladora de las Bases de Régimen Local.

### TÍTULO I

#### Normas generales

#### CAPÍTULO I

#### Del objeto y ámbito de la Ley

##### Artículo 1. Objeto.

1. Esta Ley tiene por objeto prevenir la producción de residuos, establecer el régimen jurídico de su producción y gestión y fomentar, por este orden, su reducción, su reutilización, reciclado y otras formas de valorización, así como regular los suelos contaminados, con la finalidad de proteger el medio ambiente y la salud de las personas.

2. El Gobierno podrá establecer normas para los diferentes tipos de residuos, en las que se fijarán disposiciones particulares relativas a su producción o gestión.

##### Artículo 2. Ámbito de aplicación.

1. Esta Ley es de aplicación a todo tipo de residuos, con las siguientes exclusiones:

a) Las emisiones a la atmósfera reguladas en la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico.

b) Los residuos radiactivos regulados por la Ley 25/1964, de 29 de abril, de Energía Nuclear.

c) Los vertidos de efluentes líquidos a las aguas continentales regulados por la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas; los vertidos desde tierra al mar regulados por la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y los vertidos desde buques y aeronaves al mar regulados por los tratados internacionales de los que España sea parte.

2. La presente Ley será de aplicación supletoria a las materias que se enuncian a continuación en aquellos aspectos regulados expresamente en su normativa específica:

a) La gestión de los residuos resultantes de la prospección, extracción, valorización, eliminación y almacenamiento de recursos minerales, así como de la explotación de canteras, en lo regulado en la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

b) La eliminación y transformación de animales muertos y desperdicios de origen animal, en lo regulado en el Real Decreto 2224/1993, de 17 de diciembre, sobre normas sanitarias de eliminación y transformación de animales muertos y desperdicios de origen animal y protección frente a agentes patógenos en piensos de origen animal.

c) Los residuos producidos en las explotaciones agrícolas y ganaderas consistentes en materias fecales y otras sustancias naturales y no peligrosas, cuando se utilicen en el marco de las explotaciones agrarias, en lo regulado en el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias y en la normativa que apruebe el Gobierno en virtud de lo establecido en la disposición adicional quinta.

d) Los explosivos, cartuchería y artificios pirotécnicos desclasificados, así como residuos de materias primas peligrosas o de productos explosivos utilizados en la fabricación de los anteriores, en lo regulado en el Reglamento de Explosivos, aprobado mediante Real

Decreto 230/1998, de 16 de febrero.

e) Las tierras separadas en las industrias agroalimentarias en sus fases de recepción y de limpieza primaria de las materias primas agrícolas, cuando estén destinadas a su valoración como tratamiento de los suelos, produciendo un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos, de acuerdo con el apartado R.10, del anexo II.B de la Decisión de la Comisión de 24 de mayo de 1996.

Artículo 3. Definiciones.

A los efectos de la presente Ley se entenderá por:

a) «Residuo»: cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en el anejo de esta Ley, del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse.

En todo caso, tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias.

b) «Residuos urbanos o municipales»: los generados en los domicilios particulares,

comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.

Tendrán también la consideración de residuos urbanos los siguientes:

Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas.

Animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados.

Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

c) «Residuos peligrosos»: aquellos que figuren en la lista de residuos peligrosos, aprobada en el Real Decreto 952/1997, así como los recipientes y envases que los hayan contenido. Los que hayan sido calificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en convenios internacionales de los que España sea parte.

d) «Prevención»: el conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o a conseguir su reducción, o la de la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes presentes en ellos.

e) «Productor»: cualquier persona física o jurídica cuya actividad, excluida la derivada del consumo doméstico, produzca residuos o que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla, o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos. Tendrá también carácter de productor el importador de residuos o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea.

f) «Poseedor»: el productor de los residuos o la persona física o jurídica que los tenga en su poder y que no tenga la condición de gestor de residuos.

g) «Gestor»: la persona o entidad, pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos.

h) «Gestión»: la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como 13374 Miércoles 22 abril 1998 BOE núm. 96 la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.

i) «Reutilización»: el empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

j) «Reciclado»: la transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización, pero no la incineración con recuperación de energía.

k) «Valorización»: todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente. En todo caso, estarán incluidos en este concepto los procedimientos enumerados en el anexo II.B de la Decisión de la Comisión (96/350/CE) de 24 de mayo de 1996, así como los que figuren en una lista que, en su caso, apruebe el Gobierno.

l) «Eliminación»: todo procedimiento dirigido, bien al vertido de los residuos o bien a su destrucción, total o parcial, realizado sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente. En todo caso, estarán incluidos en este concepto los procedimientos enumerados en el anexo II.A de la Decisión de la Comisión (96/350/CE) de 24 de mayo de 1996, así como los que figuren en una lista que, en su caso, apruebe el Gobierno.

ll) «Recogida»: toda operación consistente en recoger, clasificar, agrupar o preparar residuos para su transporte.

m) «Recogida selectiva»: el sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos.

n) «Almacenamiento»: el depósito temporal de residuos, con carácter previo a su valorización o eliminación, por tiempo inferior a dos años o a seis meses si se trata de residuos peligrosos, amén que reglamentariamente se establezcan plazos inferiores.

No se incluye en este concepto el depósito temporal de residuos en las instalaciones de producción con los mismos fines y por períodos de tiempo inferiores a los señalados en el párrafo anterior.

ñ) «Estación de transferencia»: instalación en la cual se descargan y almacenan los residuos para poder posteriormente transportarlos a otro lugar para su valorización o eliminación, con o sin agrupamiento previo.

o) «Vertedero»: instalación de eliminación que se destine al depósito de residuos en la superficie o bajo tierra.

p) «Suelo contaminado»: todo aquel cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que comporte un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que se determinen por el Gobierno.

### CAPÍTULO II

#### Competencias administrativas

##### Artículo 4. Competencias.

1. Corresponderá a la Administración General del Estado la elaboración de los planes nacionales de residuos; la autorización de los traslados de residuos desde o hacia terceros países no pertenecientes a la Unión Europea y la inspección derivada del citado régimen de traslados, sin perjuicio de la colaboración que pueda prestarse por la Comunidad Autónoma donde esté situado el centro de la actividad correspondiente, así como la aplicación, en su caso, del correspondiente régimen sancionador.

La Administración General del Estado será, asimismo, competente cuando España sea Estado de tránsito a efectos de lo dispuesto en el artículo 36 del Reglamento (CEE) 259/93, del Consejo, de 1 de febrero de 1993, relativo a la vigilancia y control de los traslados de residuos en el interior, a la entrada y a la salida de la Comunidad Europea.

2. Corresponderá a las Comunidades Autónomas la elaboración de los planes autonómicos de residuos y la autorización, vigilancia, inspección y sanción de las actividades de producción y gestión de residuos. Las Comunidades Autónomas serán, asimismo, competentes para otorgar las autorizaciones de traslado de residuos desde o hacia países de la Unión Europea, regulados en el Reglamento (CEE) 259/93, así como las de los traslados en el interior del territorio del Estado y la inspección y, en su caso, sanción derivadas de los citados regímenes de traslados, así como cualquier otra actividad relacionada con los residuos no incluida en los apartados 1 y 3.

3. Las Entidades locales serán competentes para la gestión de los residuos urbanos, en los términos establecidos en esta Ley y en las que, en su caso, dicten las Comunidades Autónomas. Corresponde a los municipios, como servicio obligatorio, la recogida, el transporte y, al menos, la eliminación de los residuos urbanos, en la forma

en que establezcan las respectivas Ordenanzas.

#### Artículo 5. Planificación.

1. La Administración General del Estado, mediante la integración de los respectivos planes autonómicos de residuos, elaborará diferentes planes nacionales de residuos, en los que se fijarán los objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado, otras formas de valorización y eliminación; las medidas a adoptar para conseguir dichos objetivos; los medios de financiación, y el procedimiento de revisión.

2. Los planes nacionales serán aprobados por el Consejo de Ministros, previa deliberación de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, y en su elaboración deberá incluirse un trámite de información pública.

3. Los planes nacionales serán revisados cada cuatro años y podrán articularse mediante convenios de colaboración suscritos, en su caso, entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas.

4. Los planes autonómicos de residuos contendrán las determinaciones a que se hace referencia en el apartado 1, incluyendo la cantidad de residuos producidos y la estimación de los costes de las operaciones de prevención, valorización y eliminación, así como los lugares e instalaciones apropiados para la eliminación de los residuos.

5. Las Entidades locales podrán elaborar sus propios planes de gestión de residuos urbanos, de acuerdo con lo que, en su caso, se establezca en la legislación y en los planes de residuos de las respectivas Comunidades Autónomas.

#### Artículo 6. Objetivos específicos.

El Gobierno podrá establecer objetivos de reducción en la generación de residuos, así como de reutilización, reciclado y otras formas de valorización obligatoria de determinados tipos de residuos.

BOE núm. 96 Miércoles 22 abril 1998 13375

## TÍTULO II

De las obligaciones nacidas de la puesta en el mercado de productos generadores de residuos

#### Artículo 7. Obligaciones.

1. Sin perjuicio de las normas adicionales de protección que, en su caso, dicten las Comunidades Autónomas, el productor, importador o adquirente intracomunitario, agente o intermediario, o cualquier otra persona responsable de la puesta en el mercado de productos que con su uso se conviertan en residuos, podrá ser obligado

de acuerdo con las disposiciones que reglamentariamente apruebe el Gobierno a:

a) Elaborar productos o utilizar envases que, por sus características de diseño, fabricación, comercialización o utilización, favorezcan la prevención en la generación de residuos y faciliten su reutilización o el reciclado o valorización de sus residuos, o permitan su eliminación de la forma menos perjudicial para la salud humana y el medio ambiente.

b) Hacerse cargo directamente de la gestión de los residuos derivados de sus productos, o participar en un sistema organizado de gestión de dichos residuos, o contribuir económicamente a los sistemas públicos de gestión de residuos, en medida tal que se cubran los costos atribuibles a la gestión de los mismos.

c) Aceptar, en el supuesto de no aplicarse el apartado anterior, un sistema de depósito, devolución y retorno de los residuos derivados de sus productos, así como de los propios productos fuera de uso, según el cual, el usuario, al recibir el producto, dejará en depósito una cantidad monetaria, que será recuperada con la devolución del envase o producto.

d) Informar anualmente a los órganos competentes de las Comunidades Autónomas donde radiquen sus instalaciones, de los residuos producidos en el proceso de fabricación y del resultado cualitativo y cuantitativo de las operaciones efectuadas.

2. La instalación de industrias o actividades generadoras o importadoras de productos de cuyo uso pudieran derivarse residuos peligrosos, requerirá autorización de la Administración ambiental competente, en los términos previstos en el apartado 1 del artículo 9, sin perjuicio de las demás licencias o autorizaciones que sean exigibles de acuerdo con la legislación vigente y previa presentación de un estudio cuyo contenido se determinará reglamentariamente.

Esta autorización sólo se concederá cuando se disponga de un método adecuado de valorización o eliminación.

#### Artículo 8. Acuerdos voluntarios y convenios de colaboración.

Para el cumplimiento de todas o algunas de las obligaciones previstas en el apartado 1 del artículo anterior, los responsables de la puesta en el mercado de productos que con el uso se transforman en residuos podrán organizar sistemas propios de gestión mediante la celebración de acuerdos voluntarios aprobados o autorizados por las Administraciones públicas competentes, o

mediante convenios de colaboración con éstas.

### TÍTULO III

De la producción, posesión y gestión de los residuos

#### CAPÍTULO I

De la producción y posesión de residuos

Artículo 9. Producción.

1. Queda sometida a autorización administrativa del órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma la instalación, ampliación y modificación sustancial o traslado de las industrias o actividades productoras de residuos peligrosos, así como de aquellas otras industrias o actividades productoras de residuos que no tengan tal consideración y que figuren en una lista que, en su caso, se apruebe por razón de las excepcionales dificultades que pudiera plantear la gestión de dichos residuos. Todo ello sin perjuicio de las demás autorizaciones o licencias exigidas por otras disposiciones. Estas autorizaciones se concederán por un tiempo determinado, pasado el cual podrán ser renovadas por períodos sucesivos.

2. Estas autorizaciones determinarán la cantidad máxima por unidad de producción y características de los residuos que se pueden generar, para lo que se tomarán en consideración, entre otros criterios, la utilización de tecnologías menos contaminantes, en condiciones económica y técnicamente viables, así como las características técnicas de la instalación de que se trate. Entre los criterios que se utilicen para decidir estas tecnologías menos contaminantes se dará prioridad al principio de prevención en materia de residuos.

3. Las autorizaciones sólo podrán ser denegadas en aquellos casos en los que no estén suficientemente acreditadas las operaciones a realizar con los residuos, o cuando la gestión prevista para los mismos no se ajuste a lo dispuesto en los planes nacionales o autonómicos de residuos.

4. La transmisión de las autorizaciones reguladas en este artículo estará sujeta a la previa comprobación, por la autoridad competente, de que las actividades y las instalaciones en que aquéllas se realizan cumplen con lo regulado en esta Ley y en sus normas de desarrollo.

Artículo 10. Importación, adquisición intracomunitaria, intermediación y agencia.

Sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento CEE 259/93, y de las autorizaciones que, en su caso, sean exigibles de confor-

midad con lo establecido en el artículo anterior, los importadores y adquirentes intracomunitarios, así como los agentes comerciales o intermediarios

que, en nombre propio o ajeno, pongan residuos en el mercado o realicen con los mismos operaciones jurídicas que impliquen cambio de titularidad posesoria, aun sin contenido transaccional comercial, deberán notificarlo previamente al órgano ambiental competente de las Comunidades Autónomas donde realicen sus actividades, para su registro administrativo, indicando, al menos, las cantidades, naturaleza, orígenes y destino de los residuos, así como, en su caso, el método de transporte y el método de valorización o eliminación que se vayan a emplear.

El Gobierno, en las normas particulares que dicte para determinados residuos y, en su caso, las Comunidades 13376 Miércoles 22 abril 1998 BOE núm. 96 Autónomas, en las normas adicionales de protección, podrán establecer la obligación de que estas actividades se sometan a autorización administrativa de la Administración pública competente, cuando ello no sea exigible de acuerdo con lo establecido en el artículo anterior.

Artículo 11. Posesión de residuos.

1. Los poseedores de residuos estarán obligados, siempre que no procedan a gestionarlos por sí mismos, a entregarlos a un gestor de residuos, para su valorización o eliminación, o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración que comprenda estas operaciones.

En todo caso, el poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad.

2. Todo residuo potencialmente reciclable o valorizable deberá ser destinado a estos fines, evitando su eliminación en todos los casos posibles.

3. El poseedor de residuos estará obligado a sufragar sus correspondientes costes de gestión.

#### CAPÍTULO II

De la gestión de residuos

Artículo 12. Normas generales sobre la gestión de los residuos.

1. Las operaciones de gestión de residuos se llevarán a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que puedan perjudicar al medio ambiente y, en particular, sin crear riesgos para el agua, el aire o el suelo, ni para la fauna o flora, sin provocar incomodidades

por el ruido o los olores y sin atentar contra los paisajes y lugares de especial interés.

2. Queda prohibido el abandono, vertido o eliminación incontrolada de residuos en todo el territorio nacional y toda mezcla o dilución de residuos que dificulte su gestión.

3. Sin perjuicio de lo establecido en el artículo 4.3, las Comunidades Autónomas podrán declarar servicio público, de titularidad autonómica o local, todas o algunas de las operaciones de gestión de determinados residuos.

4. Se declara de utilidad pública e interés social, a efectos de la legislación de expropiación forzosa, el establecimiento o ampliación de instalaciones de almacenamiento, valorización y eliminación de residuos.

Artículo 13. Autorización administrativa de las actividades de valorización y eliminación de residuos.

1. Quedan sometidas a régimen de autorización por el órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma las actividades de valorización y eliminación de residuos. Esta autorización, que sólo se concederá previa comprobación de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad, podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones a realizar, y sin perjuicio de las demás autorizaciones o licencias exigidas por otras disposiciones.

Estas autorizaciones se concederán por un tiempo determinado, pasado el cual podrán ser renovadas por períodos sucesivos.

2. No obstante lo establecido en el apartado anterior, las actividades de gestión de residuos urbanos realizadas por las Entidades locales sólo estarán sujetas a la intervención administrativa que, en su caso, establezcan las correspondientes Comunidades Autónomas, sin perjuicio de otras autorizaciones o licencias que sean exigibles por aplicación de la normativa vigente.

3. Quienes hayan obtenido una autorización de acuerdo con lo establecido en este artículo deberán llevar un registro documental en el que figuren la cantidad, naturaleza, origen, destino, frecuencia de recogida, medio de transporte y método de valorización o eliminación de los residuos gestionados.

Esta documentación estará a disposición de las Administraciones públicas competentes, a petición de las mismas.

La documentación referida a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

4. La transmisión de las autorizaciones reguladas en este artículo estará sujeta a la previa comprobación, por la autoridad competente, de que las actividades y las instalaciones en que aquéllas se realizan cumplen con lo regulado en esta Ley y en sus normas de desarrollo.

5. Las actividades de valorización y eliminación, así como el resto de actividades de gestión de residuos indicadas en el artículo 15, realizadas por entidades societarias, requerirán autorización administrativa o, en su caso, registro administrativo, independientes de los que pudieran tener los socios que las forman.

Artículo 14. Valorización y eliminación de los propios residuos en los centros de producción.

1. Las Comunidades Autónomas podrán eximir de la exigencia de la autorización administrativa prevista en el artículo anterior a las empresas y establecimientos que se ocupen de la valorización o de la eliminación de sus propios residuos no peligrosos en los centros de producción, siempre que dicten normas generales sobre cada tipo de actividad, en las que se fijen los tipos y cantidades de residuos y las condiciones en las que la actividad puede quedar dispensada de la autorización.

En todo caso, estas actividades deberán llevarse a cabo de conformidad con lo establecido en el artículo 12.1.

2. Cuando sean de aplicación las exenciones establecidas en el apartado anterior, las actividades reguladas en este artículo deberán quedar obligatoriamente registradas en la forma que, a tal efecto, determinen las Comunidades Autónomas.

Artículo 15. Otras actividades de gestión de residuos.

Los titulares de actividades en las que se desarrollen operaciones de gestión de residuos no peligrosos distintas a la valorización o eliminación deberán notificarlo al órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente, quedando debidamente registradas estas actividades en la forma que, a tal efecto, establezcan las mismas. No obstante, las Comunidades Autónomas podrán someter a autorización estas actividades.

Artículo 16. Traslado de residuos dentro del territorio del Estado.

1. La eliminación de residuos en el territorio nacional se basará en los principios de proximidad y de suficiencia.

2. Las Comunidades Autónomas sólo podrán oponerse a la recepción de cualquier tipo de residuo producido en el territorio nacional, en centros ubicados en su territorio y por ellas autorizados, cuando se dé alguna de las siguientes circunstancias:

BOE núm. 96 Miércoles 22 abril 1998 13377

a) Que los citados centros no tengan las instalaciones adecuadas o, manifiestamente, carezcan de la capacidad necesaria para el almacenamiento, valorización o eliminación de los residuos.

b) Que existan indicios racionales de que los residuos no van a ser gestionados en la forma indicada en la documentación que los acompaña con motivo de su traslado.

c) Que los planes nacionales o autonómicos hayan previsto objetivos de almacenamiento, valorización o eliminación, que serían de imposible cumplimiento si se recibieran residuos originarios de otra Comunidad Autónoma.

d) Que la planta receptora fuera de titularidad pública o su construcción o gestión hubiera sido financiada en parte con fondos públicos para atender exclusivamente necesidades de ejecución de la gestión de una parte definida de los residuos incluidos en los planes autonómicos y en los planes nacionales de residuos. Este motivo de denegación será también aplicable, en su caso, al traslado de residuos a plantas de valorización o eliminación de titularidad de las Entidades locales o financiados por ellas.

3. Las Comunidades Autónomas no podrán oponerse al traslado de residuos para su valorización o eliminación en otras Comunidades Autónomas, siempre y cuando estos traslados no se opongan a los objetivos marcados en sus planes autonómicos.

4. El Gobierno establecerá la normativa a la que deberá ajustarse el traslado de residuos entre los territorios de distintas Comunidades Autónomas.

Artículo 17. Entrada y salida de residuos del territorio nacional.

1. La entrada y salida de residuos del territorio nacional se registrará por lo dispuesto en la legislación comunitaria y en los tratados internacionales en los que España sea parte.

2. La Administración General del Estado, en los traslados procedentes de países terceros, y las Comunidades Autónomas, en los supuestos de traslados en el interior de la Unión Europea, podrán prohibir, respectivamente, la entrada en el territorio nacional o en el de la Comunidad Autóno-

ma, de residuos destinados a ser eliminados, cuando no lo impida la normativa comunitaria o los tratados o convenios internacionales de los que España sea parte.

Igualmente, y con las mismas limitaciones indicadas en el párrafo anterior, podrán prohibir la entrada de residuos para ser valorizados cuando se dé alguno de los siguientes supuestos:

a) Cuando del bajo rendimiento de los procesos que se pretenda utilizar para ello pueda razonablemente deducirse que su destino encubierto es la eliminación.

b) Cuando su valorización pudiera impedir el cumplimiento de los objetivos específicos de valorización de los residuos propios establecidos en los planes nacionales o autonómicos de residuos o en las normas comunitarias, así como cuando su valorización haga necesaria la concesión de ayudas públicas para poder cumplir dichos objetivos.

c) Cuando la recogida de los residuos provenientes de otro Estado disfrute en el Estado de origen del residuo de incentivos directos o indirectos que distorsionen las relaciones de mercado de los residuos valorizables, con riesgo de incumplimiento de los objetivos de los planes nacionales y, en su caso, autonómicos de residuos o de los impuestos en las propias normas comunitarias.

d) Cuando el traslado de los residuos esté sometido a intermediación que no permita conocer su origen.

e) Cuando no puedan valorizarse o eliminarse en territorio nacional los residuos que puedan generarse en el proceso de valorización.

3. La autorización de los traslados regulados en el Reglamento 259/93/CEE se supeditará a la constitución de un seguro de responsabilidad civil, o prestación de una fianza, aval bancario u otro tipo de garantía financiera que cubra los gastos de transporte y los de eliminación o valorización.

Artículo 18. Valorización.

El Gobierno, sin perjuicio de las normas adicionales de protección que dicten las Comunidades Autónomas, establecerá los requisitos de las plantas, procesos y productos de la valorización, con especificación de las exigencias de calidad y las tecnologías a emplear, las cuales podrán ser modificadas teniendo en cuenta las tecnologías menos contaminantes.

Artículo 19. Eliminación

1. Las autorizaciones de las actividades de eliminación de residuos determinarán los tipos y cantidades de residuos, las pres-

cripciones técnicas, las precauciones que deberán adoptarse en materia de seguridad, el lugar donde se vayan a realizar las actividades de eliminación y el método que se emplee.

2. El depósito de residuos en cualquier lugar durante períodos de tiempo superiores a los señalados en el artículo 3.n), será considerado como una operación de eliminación, sin perjuicio de lo establecido en el apartado siguiente.

3. Los residuos para los que no exista un método o instalación de valorización o eliminación seguros para la protección de la salud humana o el medio ambiente, tendrán que ser depositados en las condiciones de seguridad que determine el Gobierno o, en su caso, las Comunidades Autónomas.

4. El Gobierno y, en su caso, las Comunidades Autónomas, en las normas adicionales de protección que dicten al efecto, establecerán las normas reguladoras de las instalaciones de eliminación de residuos teniendo en cuenta las tecnologías menos contaminantes.

### CAPÍTULO III

Normas específicas sobre producción, posesión y gestión de residuos urbanos

Artículo 20. Residuos urbanos y servicios prestados por las Entidades locales.

1. Los poseedores de residuos urbanos estarán obligados a entregarlos a las Entidades locales, para su reciclado, valorización o eliminación, en las condiciones en que determinen las respectivas ordenanzas. Las Entidades locales adquirirán la propiedad de aquéllos desde dicha entrega y los poseedores quedarán exentos de responsabilidad por los daños que puedan causar tales residuos, siempre que en su entrega se hayan observado las citadas ordenanzas y demás normativa aplicable. Igualmente, previa autorización del Ente local correspondiente, estos residuos se podrán entregar a un gestor autorizado o registrado, para su posterior reciclado o valorización.

2. Los productores o poseedores de residuos urbanos que, por sus características especiales, pueden producir trastornos en el transporte, recogida, valorización o eliminación, estarán obligados a proporcionar a las 13378 Miércoles 22 abril 1998 BOE núm. 96

Entidades locales una información detallada sobre su origen, cantidad y características.

Sin perjuicio de lo anterior, cuando las Entidades locales consideren que los residuos urbanos presentan características que los hagan peligrosos de acuerdo con los informes técnicos emitidos por los organismos competentes, que dificulten su recogida, transporte, valorización o eliminación, podrán obligar al productor o poseedor de los mismos a que, previamente a su recogida, adopten las medidas necesarias para eliminar o reducir, en la medida de lo posible, dichas características, o a que los depositen en la forma y lugar adecuados.

En los casos regulados en este apartado, así como cuando se trate de residuos urbanos distintos a los generados en los domicilios particulares, las Entidades locales competentes, por motivos justificados, podrán obligar a los poseedores a gestionarlos por sí mismos.

3. Los municipios con una población superior a

5.000 habitantes estarán obligados a implantar sistemas de recogida selectiva de residuos urbanos que posibiliten su reciclado y otras formas de valorización. No obstante, en materia de residuos de envases se estará a lo dispuesto en la normativa específica correspondiente.

4. Las Entidades locales podrán realizar las actividades de gestión de residuos urbanos directamente o mediante cualquier otra forma de gestión prevista en la legislación sobre régimen local.

### CAPÍTULO IV

Normas específicas sobre la producción y gestión de residuos peligrosos

Artículo 21. Producción de residuos peligrosos.

1. Son obligaciones de los productores de residuos peligrosos:

a) Separar adecuadamente y no mezclar los residuos peligrosos, evitando particularmente aquellas mezclas que supongan un aumento de su peligrosidad o dificulten su gestión.

b) Envasar y etiquetar los recipientes que contengan residuos peligrosos en la forma que reglamentariamente se determine.

c) Llevar un registro de los residuos peligrosos producidos o importados y destino de los mismos.

d) Suministrar a las empresas autorizadas para llevar a cabo la gestión de residuos la información necesaria para su adecuado tratamiento y eliminación.

e) Presentar un informe anual a la Administración pública competente, en el que se deberán especificar, como mínimo, canti-

dad de residuos peligrosos producidos o importados, naturaleza de los mismos y destino final.

f) Informar inmediatamente a la Administración pública competente en caso de desaparición, pérdida o escape de residuos peligrosos.

2. Los órganos de las Comunidades Autónomas competentes para otorgar las autorizaciones podrán exigir a los productores de residuos peligrosos la constitución de un seguro que cubra las responsabilidades a que puedan dar lugar sus actividades.

3. En la normativa de desarrollo de esta Ley y, en su caso, en las normas adicionales de protección que dicten al efecto las Comunidades Autónomas, se podrán establecer otras obligaciones justificadas en una mejor regulación o control de estos residuos.

Artículo 22. Gestión de residuos peligrosos.

1. Quedan sometidas a régimen de autorización por el órgano ambiental de la Comunidad Autónoma, además de las actividades de gestión indicadas en el artículo 13.1, la recogida y el almacenamiento de residuos peligrosos, así como su transporte cuando se realice asumiendo la titularidad del residuo el transportista, sin perjuicio de las demás autorizaciones o licencias exigidas por otras disposiciones.

Cuando el transportista de residuos peligrosos sea un mero intermediario que realice esta actividad por cuenta de terceros, le será de aplicación lo establecido en el artículo 15 de esta Ley.

2. Las autorizaciones reguladas en este artículo, así como las reguladas en el artículo 13 que estén referidas a residuos peligrosos, fijarán el plazo y condiciones en las que se otorgan y quedarán sujetas a la constitución por el solicitante de un seguro de responsabilidad civil y a la prestación de una fianza en la forma y cuantía que en ellas se determine.

3. Las actividades de transporte de residuos peligrosos requerirán, además, un documento específico de identificación de los residuos, expedido en la forma que se determine reglamentariamente, sin perjuicio del cumplimiento de la normativa vigente sobre el transporte de mercancías peligrosas.

Artículo 23. Registro y medidas de seguridad.

1. Las personas o entidades que realicen actividades de recogida y almacenamiento de residuos peligrosos deberán llevar el mismo registro documental exigido, en el

artículo 13.3, a quienes realicen actividades de valorización y eliminación.

2. Las personas o entidades que realicen actividades de recogida, almacenamiento, valorización o eliminación de residuos peligrosos deberán establecer medidas de seguridad, autoprotección y plan de emergencia interior para prevención de riesgos, alarma, evacuación y socorro.

Artículo 24. Situaciones de emergencia.

La producción y gestión de residuos peligrosos se considera actividad que puede dar origen a situaciones de emergencia, a los efectos previstos en las leyes reguladoras sobre protección civil.

## TÍTULO IV

Instrumentos económicos en la producción y gestión de residuos

Artículo 25. Medidas económicas, financieras y fiscales.

Las Administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, podrán establecer las medidas económicas, financieras y fiscales adecuadas para el fomento de la prevención, la aplicación de tecnologías limpias, la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización de residuos, así como para promover las tecnologías menos contaminantes en la eliminación de residuos.

En el establecimiento de estas medidas se tendrán en cuenta las peculiaridades de las pequeñas y medianas empresas.

BOE núm. 96 Miércoles 22 abril 1998 13379

Artículo 26. Otras medidas.

1. Para la efectiva materialización de los objetivos señalados en el artículo 1, el Gobierno, en las normas que dicte para determinados tipos de residuos, podrá adoptar alguna o algunas de las medidas siguientes:

a) Establecimiento de ayudas y subvenciones para la mejora de las estructuras de comercialización de residuos valorizables y de los productos de ellos obtenidos, así como de ayudas económicas para la modificación de los procesos productivos para la prevención de la generación de residuos. Todo ello sin perjuicio de los límites que imponga la legislación de la Unión Europea.

b) Creación de sistemas de depósito, devolución y retorno de residuos de difícil valorización o eliminación.

c) Sin perjuicio de lo que al respecto establece la normativa de la Unión Europea, limitación de la cantidad de residuos que entren en España destinados a su valoriza-

ción, cuando ello ponga en peligro la existencia de un mercado nacional suficiente para alcanzar los porcentajes y objetivos de valorización de residuos o los impuestos por la Unión Europea.

2. Las Administraciones públicas promoverán el uso de materiales reutilizables, reciclables y valorizables, así como de productos fabricados con material reciclado que cumplan las especificaciones técnicas requeridas, en el marco de la contratación pública de obras y suministros.

## TÍTULO V

### Suelos contaminados

Artículo 27. Declaración de suelos contaminados.

1. Las Comunidades Autónomas declararán, delimitarán y harán un inventario de los suelos contaminados debido a la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, evaluando los riesgos para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que, en función de la naturaleza de los suelos y de los usos, se determinen por el Gobierno previa consulta a las Comunidades Autónomas

A partir del inventario, las Comunidades Autónomas elaborarán una lista de prioridades de actuación, en atención al riesgo que suponga la contaminación del suelo para la salud humana y el medio ambiente. Igualmente, las Comunidades Autónomas declararán que un suelo ha dejado de estar contaminado tras la comprobación de que se han realizado de forma adecuada las operaciones de limpieza y recuperación del mismo.

2. La declaración de un suelo como contaminado obligará a realizar las actuaciones necesarias para proceder a su limpieza y recuperación, en la forma y plazos en que determinen las respectivas Comunidades Autónomas.

Estarán obligados a realizar las operaciones de limpieza y recuperación reguladas en el párrafo anterior, previo requerimiento de las Comunidades Autónomas, los causantes de la contaminación, que cuando sean varios responderán de estas obligaciones de forma solidaria y, subsidiariamente, por este orden, los poseedores de los suelos contaminados y los propietarios no poseedores, todo ello sin perjuicio de lo establecido en el artículo 36.3.

En todo caso, si las operaciones de limpieza y recuperación de suelos contaminados fueran a realizarse con financiación pública, sólo se podrán recibir ayudas previo

compromiso de que las posibles plusvalías que adquieran los suelos revertirán en la cuantía subvencionada en favor de la Administración pública que haya financiado las citadas ayudas.

3. La declaración de un suelo como contaminado podrá ser objeto de nota marginal en el Registro de la Propiedad, a iniciativa de la respectiva Comunidad Autónoma. Esta nota marginal se cancelará cuando la Comunidad Autónoma correspondiente declare que el suelo ha dejado de tener tal consideración.

4. El Gobierno aprobará y publicará una lista de actividades potencialmente contaminantes de suelos. Los propietarios de las fincas en las que se haya realizado alguna de estas actividades estarán obligados, con motivo de su transmisión, a declararlo en escritura pública.

Este hecho será objeto de nota marginal en el Registro de la Propiedad.

Los titulares de estas actividades deberán remitir periódicamente a la Comunidad Autónoma correspondiente informes de situación, en los que figuren los datos relativos a los criterios que sirvan de base para la declaración de suelos contaminados, de acuerdo con el apartado 1.

Las Comunidades Autónomas establecerán los criterios que permitan definir la periodicidad para la elaboración de los informes de situación del suelo.

5. La transmisión del título del que trae su causa la posesión, o el mero abandono de la posesión, no eximen de las obligaciones previstas en este Título.

6. Lo establecido en este Título no será de aplicación al acreedor que en ejecución forzosa de su crédito devenga propietario de un suelo contaminado, siempre que lo enajene en el plazo de un año a partir de la fecha en que accedió a la propiedad.

Artículo 28. Reparación en vía convencional de los daños al medio ambiente por suelos contaminados.

Las actuaciones para proceder a la limpieza y recuperación de los suelos declarados como contaminados podrán llevarse a cabo mediante acuerdos voluntarios suscritos entre los obligados a realizar dichas operaciones y autorizados por las Comunidades Autónomas o mediante convenios de colaboración entre aquéllos y las Administraciones públicas competentes. En todo caso, los costes de limpieza y recuperación de los suelos contaminados correrán a cargo del obligado, en cada caso, a realizar dichas operaciones.

Los convenios de colaboración podrán concretar incentivos económicos que puedan servir de ayuda para financiar los costes de limpieza y recuperación de suelos contaminados.

### TÍTULO VI

Inspección y vigilancia. Responsabilidad administrativa y régimen sancionador

#### CAPÍTULO I

Inspección y vigilancia

Artículo 29. Inspección de la gestión de los residuos.

1. Los titulares de las actividades a que se refiere esta Ley estarán obligados a prestar toda la colaboración a las autoridades competentes, a fin de permitirles realizar los exámenes, controles, toma de muestras y recogida de información y cualquier otra operación para el cumplimiento de su misión.

2. Las personas que realicen las labores de inspección tendrán el carácter de agentes de la autoridad y 13380 -Miércoles 22 abril 1998 BOE núm. 96 los hechos constatados por ellos y formalizados en acta gozarán de la presunción de certeza a efectos probatorios.

3. En el caso de los residuos peligrosos, las inspecciones de las operaciones de recogida y transporte se centrarán particularmente en el origen y destino de los residuos.

Artículo 30. Costos de los servicios de inspección previa a la concesión de autorizaciones

s.

El costo de las inspecciones previas a la concesión de autorizaciones podrá ser imputado a los solicitantes de éstas.

Artículo 31. Seguimiento e inspección de acuerdos voluntarios y de convenios de colaboración.

1. Los acuerdos voluntarios y convenios de colaboración a los que se refieren los artículos 8 y 28 deberán contener mecanismos de seguimiento e inspección del funcionamiento del sistema de gestión. Los costos del seguimiento e inspección se imputarán a los productores y participantes en el acuerdo.

2. Los acuerdos voluntarios y convenios de colaboración podrán prever la figura del colaborador en la inspección, cuya función será la de participar en el seguimiento de la actividad objeto del acuerdo voluntario o convenio de colaboración.

Estos colaboradores no tendrán la condición de inspectores a los efectos de lo establecido en el artículo 29.2.

#### CAPÍTULO II

Responsabilidad administrativa y régimen sancionador

Artículo 32. Responsabilidad.

1. Las infracciones a lo establecido en esta Ley serán sancionadas con arreglo a lo dispuesto en este Título, sin perjuicio, en su caso, de las correspondientes responsabilidades civiles y penales.

2. La responsabilidad será solidaria en los siguientes supuestos:

a) Cuando el poseedor o el gestor de los residuos los entregue a persona física o jurídica distinta de las señaladas en esta Ley.

b) Cuando sean varios los responsables y no sea posible determinar el grado de participación de cada uno en la realización de la infracción.

3. Cuando los daños causados al medio ambiente se produzcan por acumulación de actividades debidas a diferentes personas, la Administración competente podrá imputar individualmente esta responsabilidad y sus efectos económicos.

Artículo 33. Responsabilidad administrativa.

1. A efectos de lo establecido en este Título, los residuos tendrán siempre un titular responsable, cualidad que corresponderá al productor, poseedor, o gestor de los mismos.

2. Sólo quedarán exentos de responsabilidad administrativa quienes cedan los residuos a gestores autorizados para realizar las operaciones que componen la gestión de los residuos, y siempre que la entrega de los mismos se realice cumpliendo los requisitos establecidos en esta Ley y sus normas de desarrollo, así como los que establezcan, en su caso, las normas adicionales de la respectiva Comunidad Autónoma. En todo caso, la cesión ha de constar en documento fehaciente.

Igualmente, los poseedores de residuos urbanos quedarán exentos de responsabilidad por los daños que puedan derivarse de tales residuos, siempre que los hayan entregado a las Entidades locales observando las respectivas ordenanzas y demás normativa aplicable.

Artículo 34. Infracciones.

1. Sin perjuicio de las infracciones que, en su caso, puedan establecer las Comunidades Autónomas, las infracciones sobre actividades relacionadas con los residuos

se clasifican en muy graves, graves y leves.

2. Son infracciones muy graves:

a) El ejercicio de una actividad descrita en la presente Ley sin la preceptiva autorización o con ella caducada o suspendida; el incumplimiento de las obligaciones impuestas en las autorizaciones, así como la actuación en forma contraria a lo establecido en esta Ley, cuando

la actividad no esté sujeta a autorización específica, siempre que se haya producido un daño o deterioro grave para el medio ambiente o se haya puesto en peligro grave la salud de las personas o cuando la actividad tenga lugar en espacios protegidos.

b) El abandono, vertido o eliminación incontrolados de residuos peligrosos.

c) El abandono, vertido o eliminación incontrolado de cualquier otro tipo de residuos, siempre que se haya producido un daño o deterioro grave para el medio ambiente o se haya puesto en peligro grave la salud de las personas.

d) El incumplimiento de las obligaciones derivadas de las medidas provisionales.

e) La ocultación o la alteración maliciosa de datos aportados a los expedientes administrativos para la obtención de autorizaciones, permisos o licencias relacionadas con el ejercicio de las actividades reguladas en esta Ley.

f) La elaboración, importación o adquisición intracomunitaria de productos con sustancias o preparados prohibidos por la peligrosidad de los residuos que generan.

g) La no realización de las operaciones de limpieza y recuperación cuando un suelo haya sido declarado como contaminado, tras el correspondiente requerimiento de la Comunidad Autónoma o el incumplimiento, en su caso, de las obligaciones derivadas de acuerdos voluntarios o convenios de colaboración.

h) La mezcla de las diferentes categorías de residuos peligrosos entre sí o de éstos con los que no tengan tal consideración, siempre que como consecuencia de ello se haya producido un daño o deterioro grave para el medio ambiente o se haya puesto en peligro grave la salud de las personas.

i) La entrega, venta o cesión de residuos peligrosos a personas físicas o jurídicas distintas de las señaladas en esta Ley, así como la aceptación de los mismos en condiciones distintas de las que aparezcan en las correspondientes autorizaciones o en las normas establecidas en esta Ley.

j) La omisión, en el caso de residuos peligrosos, de los necesarios planes de seguridad y previsión de accidentes, así como de los planes de emergencia interior y exterior de las instalaciones.

3. Son infracciones graves:

a) El ejercicio de una actividad descrita en la presente Ley sin la preceptiva autorización o con ella caducada o suspendida; el incumplimiento de las obligaciones

BOE núm. 96 Miércoles 22 abril 1998 13381 impuestas en las autorizaciones, así como la actuación en forma contraria a lo establecido en esta Ley, cuando la actividad no esté sujeta a autorización específica, sin que se haya producido un daño o deterioro grave para el medio ambiente o sin que se haya puesto en peligro grave la salud de las personas.

b) El abandono, vertido o eliminación incontrolado de cualquier tipo de residuos no peligrosos sin que se haya producido un daño o deterioro grave para el medio ambiente o se haya puesto en peligro grave la salud de las personas.

c) El incumplimiento de la obligación de proporcionar documentación o la ocultación o falseamiento de datos exigidos por la normativa aplicable o por las estipulaciones contenidas en la autorización, así como el incumplimiento de la obligación de custodia y mantenimiento de dicha documentación.

d) La falta de constitución de fianzas o garantías, o de su renovación, cuando sean obligatorias.

e) El incumplimiento por los agentes económicos señalados en los artículos 7.1 y 11.1 de las obligaciones derivadas de los acuerdos voluntarios o convenios de colaboración suscritos.

f) La entrada en el territorio nacional de residuos procedentes de otro Estado miembro de la Comunidad Europea o de un país tercero, así como la salida de residuos hacia los citados lugares, sin cumplimentar la notificación o sin obtener los permisos y autorizaciones exigidos por la legislación comunitaria o los tratados o convenios internacionales de los que España sea parte.

g) En el caso de adquisición intercomunitaria y de importaciones de países terceros de residuos, el incumplimiento de la obligación de notificar la realización de su valorización o eliminación, en el plazo máximo de ciento ochenta días tras la recepción de los mismos, de acuerdo con lo establecido en los artículos 5.6, 6.6, 19.9 y 22.1 del Reglamento 259/93/CEE.

h) La obstrucción a la actividad inspectora o de control de las Administraciones públicas.

i) La falta de etiquetado o el etiquetado incorrecto o parcial de los envases que contengan residuos peligrosos.

j) La mezcla de las diferentes categorías de residuos peligrosos entre sí o de éstos con los que no tengan tal consideración, siempre que como consecuencia de ello no se haya producido un daño o deterioro grave para el medio ambiente o se haya puesto en peligro grave la salud de las personas.

k) La entrega, venta o cesión de residuos no peligrosos a personas físicas o jurídicas distintas de las señaladas en esta Ley, así como la aceptación de los mismos en condiciones distintas de las que aparezcan en las correspondientes autorizaciones o en las normas establecidas en esta Ley.

l) La comisión de alguna de las infracciones indicadas en el apartado 2 cuando, por su escasa cuantía o entidad, no merezcan la calificación de muy graves.

4. Son infracciones leves:

a) El ejercicio de una actividad descrita en esta Ley sin que se haya efectuado, en su caso, el correspondiente registro administrativo.

b) El retraso en el suministro de la documentación que haya que proporcionar a la Administración de acuerdo con lo establecido por la normativa aplicable o por las estipulaciones contenidas en las autorizaciones.

c) La comisión de alguna de las infracciones indicadas en el apartado 3 cuando, por su escasa cuantía o entidad, no merezcan la calificación de graves.

d) Cualquier infracción de lo establecido en esta Ley o en las estipulaciones contenidas en las autorizaciones, cuando no esté tipificada como muy grave o grave.

Artículo 35. Sanciones.

1. Las infracciones a que se refiere el artículo anterior podrán dar lugar a la imposición de todas o algunas de las siguientes sanciones:

a) En el caso de infracciones muy graves: Multa desde 5.000.001 hasta 200.000.000 de pesetas, excepto en residuos peligrosos, que será desde 50.000.001 hasta 200.000.000 de pesetas.

Inhabilitación para el ejercicio de cualquiera de las actividades previstas en la presente Ley por un período de tiempo no inferior a un año ni superior a diez.

En los supuestos de infracciones tipificadas en las letras a), d), e), h) y j) del artículo

34.2, clausura temporal o definitiva, total o parcial, de las instalaciones o aparatos.

En los supuestos de infracciones tipificadas en las letras a), d), e), f), h), i) y j) del artículo 34.2, revocación de la autorización o suspensión de la misma por un tiempo no inferior a un año ni superior a diez.

b) En el caso de infracciones graves:

Multa desde 100.001 hasta 5.000.000 de pesetas, excepto en los residuos peligrosos, que será desde 1.000.001 hasta 50.000.000 de pesetas.

Inhabilitación para el ejercicio de cualquiera de las actividades previstas en la presente Ley por un período de tiempo de hasta un año.

En los supuestos de infracciones tipificadas en las letras a), d), f), g), h), i), j) y k) del artículo 34.3, revocación de la autorización o suspensión de la misma por un tiempo de hasta un año.

c) En el caso de infracciones leves:

Multa de hasta 100.000 pesetas, excepto en residuos peligrosos, que será hasta 1.000.000 de pesetas.

2. Las sanciones se impondrán atendiendo a las circunstancias del responsable, grado de culpa, reiteración, participación y beneficio obtenido, y grado del daño causado al medio ambiente o del peligro en que se haya puesto la salud de las personas.

Artículo 36. Obligación de reponer, multas coercitivas y ejecución subsidiaria.

1. Sin perjuicio de la sanción penal o administrativa que se imponga, los infractores estarán obligados a la reposición o restauración de las cosas al ser y estado anteriores a la infracción cometida, en la forma y condiciones fijadas por el órgano que impuso la sanción.

2. Si los infractores no procedieran a la reposición o restauración, de acuerdo con lo establecido en el apartado anterior, los órganos competentes podrán acordar la imposición de multas coercitivas con arreglo al artículo 99 de la Ley 30/1992, una vez transcurridos los plazos señalados en el requerimiento correspondiente. La cuantía de cada una de las multas no superará un tercio de la multa fijada por infracción cometida.

3. Asimismo, en estos casos y en el supuesto de que no se realicen las operaciones de limpieza y recuperación de suelos contaminados, podrá procederse a la ejecución subsidiaria por cuenta del infractor y a su costa.

Artículo 37. Potestad sancionadora.

1. En los casos en que, de acuerdo con lo establecido en la presente Ley, la potestad

sancionadora corresponda a la Administración General del Estado, será ejercida por:  
13382 Miércoles 22 abril 1998 BOE núm. 96

a) El Director general de Calidad y Evaluación

Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, en los supuestos de infracciones leves.

b) El Ministro de Medio Ambiente, en los supuestos de infracciones graves.

c) El Consejo de Ministros, en el supuesto de infracciones muy graves.

En estos casos, la iniciación de los correspondientes procedimientos sancionadores será competencia del Director general de Calidad y Evaluación Ambiental.

2. En el supuesto regulado en el artículo 34.3.b), cuando se trate de residuos urbanos, la potestad sancionadora corresponderá a los alcaldes.

Artículo 38. Publicidad.

El órgano que ejerza la potestad sancionadora podrá acordar la publicación, en el diario oficial correspondiente y a través de los medios de comunicación social que considere oportunos, de las sanciones impuestas por la comisión de infracciones graves y muy graves, así como los nombres y apellidos o razón social de las personas físicas o jurídicas responsables, una vez que dichas sanciones hubieran adquirido el carácter de firmes.

### CAPÍTULO III

De las medidas provisionales

Artículo 39. Adopción de medidas provisionales.

Cuando se haya iniciado un procedimiento sancionador, las Administraciones públicas competentes podrán adoptar y exigir alguna o algunas de las siguientes medidas provisionales:

a) Medidas de corrección, seguridad o control que impidan la continuidad en la producción del daño.

b) Precintado de aparatos, equipos o vehículos.

c) Clausura temporal, parcial o total del establecimiento.

d) Suspensión temporal de la autorización para el ejercicio de la actividad por la empresa.

Artículo 40. Procedimiento.

1. No se podrá adoptar ninguna medida provisional sin el trámite de audiencia previa a los interesados, salvo que concurran razones de urgencia que aconsejen su adopción inmediata, basadas en la producción de un daño grave para la salud humana o el medio ambiente, o que se trate del

ejercicio de una actividad regulada en esta Ley sin la preceptiva autorización o con ella caducada o suspendida, en cuyo caso la medida provisional impuesta deberá ser revisada o ratificada tras la audiencia a los interesados.

En el trámite de audiencia previsto en este apartado se dará a los interesados un plazo máximo de quince días para que puedan aportar cuantas alegaciones, documentos o informaciones estimen convenientes.

2. Las medidas provisionales descritas en el presente capítulo serán independientes de las resoluciones que sobre la solicitud de adopción de medidas provisionales puedan adoptar los Jueces de los órdenes civil o penal, debidas al ejercicio de acciones de responsabilidad por personas legitimadas.

Disposición adicional primera. Obligaciones de los productores de residuos peligrosos o de productos de cuyo uso pudieran derivarse residuos peligrosos.

Reglamentariamente se especificarán las industrias o actividades generadoras o importadoras de residuos peligrosos o de productos de cuyo uso pudieran derivarse residuos peligrosos, a las que no será de aplicación lo establecido en los artículos 7.1, 9.1 y 22, en función del volumen de su actividad.

Disposición adicional segunda. Comunicaciones a la Unión Europea.

Las Comunidades Autónomas y las Entidades locales remitirán al Ministerio de Medio Ambiente, para su envío a la Comisión Europea, los datos necesarios para cumplir lo establecido en la Directiva 91/692/CE, de 23 de diciembre de 1991, sobre normalización y racionalización de los informes relativos a la aplicación de determinadas Directivas referentes al medio ambiente.

Disposición adicional tercera.

Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla.

Los respectivos planes nacionales de residuos establecerán medidas para financiar el transporte marítimo a la península, o entre islas, de los residuos generados en las Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla, así como los demás costes derivados de la existencia de territorios

extrapeninsulares o disgregados que impidan o hagan excesivamente costosa la valorización de los residuos en dichos territorios por razones territoriales, de economía de escala o de gestión ambientalmente correcta de los residuos.

Las anteriores medidas no alcanzarán al traslado a la península de los residuos de envases y envases usados puestos en el mercado a través de algún sistema integrado de gestión de residuos de envases y envases usados, que se regulará de acuerdo con lo establecido en la disposición adicional cuarta de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

Disposición adicional cuarta. Aplicación de las leyes reguladoras de la Defensa Nacional.

Lo establecido en esta Ley se entiende sin perjuicio de lo establecido en las leyes reguladoras de la Defensa Nacional.

Disposición adicional quinta. Residuos agrarios.

1. La utilización como fertilizante agrícola de los residuos señalados en el apartado c) del artículo 2.2 no estará sometida a la autorización administrativa regulada en el artículo 13 de esta Ley y estará sujeta a la normativa que a estos efectos apruebe el Gobierno y a las normas adicionales que, en su caso, aprueben las Comunidades Autónomas. La normativa del Gobierno se realizará a propuesta conjunta de los Departamentos de Medio Ambiente y de Agricultura, Pesca y Alimentación, como complemento a lo ya establecido en el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

En esta normativa se fijarán los tipos y cantidades de residuos que puedan ser utilizados como fertilizante y las condiciones en las que la actividad queda dispensada de la autorización, y se establecerá que la mencionada actividad deberá llevarse a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos BOE núm. 96 Miércoles 22 abril 1998 13383 o métodos que puedan perjudicar al medio ambiente, y en particular sin producir contaminación al agua.

2. El Gobierno aprobará la normativa citada en el apartado anterior en el plazo de nueve meses desde la entrada en vigor de esta Ley.

3. Si los residuos regulados en esta disposición adicional son utilizados en la forma señalada en los apartados anteriores, se considerará que no se ha producido una operación de vertido, a los efectos establecidos en el artículo 92 de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

Disposición adicional sexta. Redistribución de competencias dentro de cada Comunidad Autónoma.

Las referencias contenidas en la presente Ley a las Comunidades Autónomas se entenderán sin perjuicio de la redistribución de competencias que a nivel interno se realice entre los distintos niveles institucionales de las mismas, de acuerdo con sus respectivos Estatutos de Autonomía.

Disposición adicional séptima. Modificación de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

La Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, queda modificada de la forma siguiente:

1. El primer inciso del apartado 1 del artículo 6 queda redactado de la forma siguiente: «Cobrar a sus clientes, hasta el consumidor final y en concepto de depósito, una cantidad individualizada por cada envase que sea objeto de transacción.»

2. El segundo párrafo del apartado 1 del artículo 10 queda redactado de la forma siguiente:

«El abono de esta cantidad, idéntica en todo el ámbito territorial del sistema integrado de gestión de que se trate, dará derecho a la utilización del símbolo del sistema integrado.»

3. Se introduce una nueva disposición adicional séptima, con la siguiente redacción: «Disposición adicional séptima. Planes empresariales de prevención de residuos de envases.

Los responsables de la puesta en el mercado de productos envasados o de envases industriales o comerciales, que tras su uso generen una cantidad de residuos de envases superior a la que determine el Gobierno o, en su caso, las Comunidades Autónomas, estarán obligados a elaborar planes empresariales de prevención para minimizar y prevenir en origen la producción y la nocividad de los residuos de envases que se generen.

Estos planes empresariales de prevención tendrán que ser aprobados por las Comunidades Autónomas, de acuerdo con lo que se establezca en las normas de desarrollo.»

Disposición transitoria primera. Autorización de las instalaciones y actividades existentes.

Los titulares de actividades de gestión de residuos no peligrosos, que se vayan desarrollando en el momento de entrada en vigor de la presente Ley, deberán solicitar autorización o realizar la preceptiva notifi-

cación a la Comunidad Autónoma correspondiente, para cumplir lo establecido en los artículos 13 y 15 de esta Ley, en el plazo máximo de dieciocho meses.

En la norma en la que, en su caso, se apruebe la lista de actividades productoras de residuos no peligrosos que tengan que someterse a la autorización administrativa regulada en el artículo 9.1, se podrá determinar, asimismo, que los titulares de actividades que se vinieran desarrollando con anterioridad a la aprobación de dicha lista dispongan de un plazo para adaptarse a las nuevas obligaciones.

Disposición transitoria segunda. Gratuidad de las notas marginales.

Las notas marginales señaladas en los apartados 3 y 4 del artículo 27, practicadas como consecuencia de actividades que hubieran comenzado antes de la entrada en vigor de esta Ley, no devengarán derechos arancelarios.

Disposición transitoria tercera. Entrada en vigor de lo establecido en el artículo 11.2, respecto de los residuos peligrosos, y de la implantación de sistemas de recogida selectiva.

Lo establecido en el artículo 11.2 no será de aplicación a los residuos peligrosos hasta el día 1 de enero del año 2000.

Igualmente, la obligación de los municipios de población superior a 5.000 habitantes de implantar sistemas de recogida selectiva, establecida en el artículo 20.3, no será exigible hasta el día 1 de enero del año 2001.

Disposición derogatoria única.

A la entrada en vigor de esta Ley quedan derogadas las siguientes disposiciones:

Ley 42/1975, de 19 de noviembre, sobre desechos y residuos sólidos urbanos.

Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

Artículos 50, 51 y 56 del Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio. Los restantes artículos del citado Reglamento y el Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica, continuarán vigentes en la medida en que no se opongan a lo establecido en esta Ley.

Disposición final primera. Normativa de edificación.

La normativa de edificación, que dicten las respectivas Administraciones públicas, deberá contener específicamente la regulación de los requisitos técnicos de diseño y ejecución que faciliten la recogida domiciliar de residuos de acuerdo con lo establecido en esta Ley.

Disposición final segunda. Fundamento constitucional y carácter básico.

Esta Ley tiene la consideración de legislación básica sobre protección del medio ambiente, de acuerdo con lo establecido en el artículo 149.1.23.a de la Constitución, con excepción de los siguientes artículos:

Artículos 27.3, inciso final del artículo 27.4 y disposición transitoria segunda, que tienen el carácter de legislación sobre ordenación de registros públicos, materia que corresponde en exclusiva al Estado de acuerdo con el artículo 149.1.8.a 13384 Miércoles 22 abril 1998 BOE núm. 96 Artículos 4.1, 10 y 17.2, en la medida en que regulan el traslado de residuos desde o hacia países terceros no miembros de la Unión Europea, que tienen el carácter de legislación sobre comercio exterior, competencia exclusiva del Estado de acuerdo con el artículo 149.1.10.a Artículos 4.3 y 20, en cuanto que regulan competencias y servicios a prestar por los Entes locales, que tienen el carácter de legislación sobre bases de las Administraciones públicas, de acuerdo con el artículo 149.1.18.a

Disposición final tercera. Desarrollo reglamentario.

1. Sin perjuicio de las competencias de las Comunidades Autónomas, de desarrollo y ejecución de la legislación básica del Estado, se faculta al Gobierno para el desarrollo reglamentario de esta Ley y, en particular, para adaptar su anejo a las modificaciones que, en su caso, sean introducidas por la normativa comunitaria.

2. Por el Ministerio de Medio Ambiente se publicarán el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por Decisión 94/3/CE, de la Comisión, de 20 de diciembre, y la Lista de Residuos Peligrosos, aprobada por la Decisión 94/904/CE, del Consejo, de 22 de diciembre, y sus posteriores modificaciones.

Igualmente, por el citado Departamento se publicará la Decisión 96/350/CE, de la Comisión, de 24 de mayo, por la que se adaptan los anexos II.A y II.B de la Directiva 75/442/CEE, del Consejo, relativa a los residuos, y sus posteriores modificaciones.

3. El Gobierno, mediante Real Decreto, podrá actualizar la cuantía de las multas establecidas en el artículo 35, de acuerdo con la variación anual del índice de precios al consumo.

Disposición final cuarta.

En el plazo de un año desde la entrada en vigor de esta Ley, el Gobierno presentará al Congreso de los Diputados un proyecto de Ley, en el que se establezca un régimen

fiscal para los aceites industriales y lubricantes afectado en su totalidad a la financiación de actuaciones ambientales para la gestión de aceites usados desarrolladas por las Comunidades Autónomas para el cumplimiento de los objetivos fijados en el artículo 1.

En el mismo plazo señalado en el párrafo anterior, el Gobierno regulará un sistema de devolución, depósito y retorno para las pilas usadas.

Por tanto, Mando a todos los españoles, particulares y autoridades, que guarden y hagan guardar esta Ley.

Madrid, 21 de abril de 1998.

JUAN CARLOS R.

El Presidente del Gobierno,

JOSÉ MARÍA AZNAR LÓPEZ

### ANEJO

Categorías de residuos

Q1 Residuos de producción o de consumo no especificados a continuación.

Q2 Productos que no respondan a las normas.

Q3 Productos caducados.

Q4 Materias que se hayan vertido por accidente, que se hayan perdido o que hayan sufrido cualquier otro incidente, con inclusión del material, del equipo, etc., que se haya contaminado a causa del incidente en cuestión.

Q5 Materias contaminantes o ensuciadas a causa de actividades voluntarias (por ejemplo, residuos de operaciones de limpieza, materiales de embalaje, contenedores, etc.).

Q6 Elementos inutilizados (por ejemplo, baterías fuera de uso, catalizadores gastados, etc.).

Q7 Sustancias que hayan pasado a ser inutilizables (por ejemplo, ácidos contaminados, disolventes contaminados, sales de temple agotadas, etcétera).

Q8 Residuos de procesos industriales (por ejemplo, escorias, posos de destilación, etc.).

Q9 Residuos de procesos anticontaminación (por ejemplo, barros de lavado de gas, polvo de filtros de aire, filtros gastados, etc.).

Q10 Residuos de mecanización/acabado (por ejemplo, virutas de torneado o fresado, etc.).

Q11 Residuos de extracción y preparación de materias primas (por ejemplo, residuos de explotación minera o petrolera, etc.).

Q12 Materia contaminada (por ejemplo, aceite contaminado con PCB, etc.).

Q13 Toda materia, sustancia o producto cuya utilización esté prohibida por la ley.

Q14 Productos que no son de utilidad o que ya

no tienen utilidad para el poseedor (por ejemplo, artículos desechados por la agricultura, los hogares, las oficinas, los almacenes, los talleres, etc.).

Q15 Materias, sustancias o productos contaminados procedentes de actividades de regeneración de suelos.

Q16 Toda sustancia, materia o producto que no esté incluido en las categorías anteriores.

9479 INSTRUMENTO de Ratificación del Convenio Europeo sobre Televisión Transfronteriza, hecho en Estrasburgo el 5 de mayo de 1989.

JUAN CARLOS I

REY DE ESPAÑA

Por cuanto el día 5 de mayo de 1989, el Plenipotenciario de España, nombrado en buena y debida forma al efecto, firmó en Estrasburgo el Convenio Europeo sobre Televisión Transfronteriza, hecho en el mismo lugar y fecha, Vistos y examinados el Preámbulo, los treinta y cuatro artículos y el Anexo de dicho Convenio,

Concedida por las Cortes Generales la Autorización prevista en el artículo 94.1 de la Constitución,

Vengo en aprobar y ratificar cuanto en él se dispone, como en virtud del presente lo apruebo y ratifico, prometiendo cumplirlo, observarlo y hacer que se cumpla y observe puntualmente en todas sus partes, a cuyo fin, para su mayor validación y firmeza, Mando expedir este Instrumento de Ratificación firmado por Mí, debidamente sellado y refrendado por el infrascrito Ministro de Asuntos Exteriores.

Dado en Madrid a 19 de enero de 1998.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Asuntos Exteriores,

ABEL MATUTES JUAN

## 8. BIBLIOGRAFÍA

AEMA (2005) *El Inventario Europeo de Emisiones Contaminantes (EPER)*. Agencia Europea de Medio Ambiente, en <http://www.eper.cec.eu.int/>

AIE, (2004) *World Energy Outlook*, en <http://www.worldenergyoutlook.org/>

Beck, M. B; Chen, J; Saul, A.J.; Butler, D. (1994) *Urban Drainage in the 21st Century: Assessment of new technology on the basis of global material flows* Water Science & Technology, Vol. 30, No.2, pp. 1-12

Boletín de informaciones estadísticas del Instituto del Cemento y Hormigón de Chile (ICH), Enero 2001.

Carrasco, O., 1998 Factibilidad técnico económica de distintos usos del caucho proveniente de neumáticos usados. Memoria para optar al título de ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile.

CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), mayo 2007. *Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas*. Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente, España.

COMISIÓN PERMANENTE DE ASFALTO. XXXV Reunión "Pavimento del autódromo de Termas De Río Hondo, Pcia. Santiago del Estero. Autores: Ingenieros: Jorge A. Páramo, José L. Murature, José F. Alfano, Sergio Salazar y Sr. Héctor A. Farina. Rosario (Argentina), noviembre 2008.

Delarze Díaz, Paulina. Trabajo de Tesis, "Reciclaje de neumáticos y aplicación en la construcción". Universidad de Valdivia, Chile, 2008.

Del Val, A., (1997). *El libro del reciclaje*. RBA/Integral. f/d

Del Val, A. 1998. Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos. En: [habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html](http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html)

Dirección general de Energía y transporte Comisión Europea (2000), "Empleo de residuos industriales como combustibles alternativos en la industria del cemento", Febrero.

*Enciclopedia Temática Guinness*. Tomo II. p. 231 y ss.

Kurt Rechner, Altreifen – Recycling; Eine Zusammenfassung der wichtigsten Verfahren zur Entsorgung von Altreifen sowie ein Überblick über die gebräuchlichsten Produkte aus wiederverwertetem Gummi. EnTyre Recycling Inc.

<http://www.rma.org/scraptires/characteristics.html> "Scrap Tires Characteristics, Rubber manufactures association".

"Info about recycling". Institute of scrap Recycling industries

Seminario de Sistemas de Potencia; Evolución de Precios de Energéticos en Chile y Argentina. Escuela de Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003.

Stoffliche Verwertung von Altreifen Gummiabfällen, Andreas Baumann, Peter Belger und Wilfried Duesberg, Gas Aktuell Magazine N° 56.

Lund, Herbert F., (1996). Manual Mc Graw-Hill de Reciclaje, Volumen I.

Marks, J. (1989) Manual del Ingeniero Mecánico, 8ª Edición. Mc Graw Hill.

Perales C., "Ley 10/1998, de residuos: posesión, propiedad y otras cuestiones de derecho civil" en [La Ley: Revista jurídica española de doctrina, jurisprudencia y bibliografía](#), ISSN 0211-2744, [Nº 1, 2002](#) , pp. 1797-1812.

Zamorano, R. (2001), Estudio de pre-factibilidad de instalar una planta de reciclaje de neumáticos, memoria para optar al título de ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile.

### Sitios Internet

[www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)

[www.conama.cl](http://www.conama.cl)

[www.gobiernodechile.cl](http://www.gobiernodechile.cl)

[www.canal3.cl](http://www.canal3.cl)

[www.metaproject.com](http://www.metaproject.com)

[www.goodyear.com](http://www.goodyear.com)

[www.provia.cl](http://www.provia.cl)

[www.melon.cl](http://www.melon.cl)

[www.senseiambiente.com](http://www.senseiambiente.com)

[www.lamillasport.com](http://www.lamillasport.com)

[www.scielo.com](http://www.scielo.com)

[www.segra.com](http://www.segra.com)

[www.clenairnet.org](http://www.clenairnet.org)

[www.consumer.es](http://www.consumer.es)

[www.wasteideal.es](http://www.wasteideal.es)

[www.instaladoresonline.com](http://www.instaladoresonline.com)

[www.ambientum.com](http://www.ambientum.com)

[www.panoramaenergetico.com](http://www.panoramaenergetico.com)

[www.signus.es](http://www.signus.es)

[www.neuciclaje.com](http://www.neuciclaje.com)

[www.guascor.com](http://www.guascor.com)

[www.basel.int](http://www.basel.int)

[www.javeriana.edu.co/off](http://www.javeriana.edu.co/off)  
[www.asfaltomeros.com](http://www.asfaltomeros.com)  
[www.uc.org.uy/index](http://www.uc.org.uy/index)  
[www.idu.gov.co](http://www.idu.gov.co)  
[www.edomex.gob.mx](http://www.edomex.gob.mx)  
[www.gtz.org.mx](http://www.gtz.org.mx)  
[www.wrf.org.uk](http://www.wrf.org.uk)  
[www.epa.gov](http://www.epa.gov)  
[www.itra.com](http://www.itra.com)  
[www.recyclers-info.com](http://www.recyclers-info.com)  
<http://www.isri.org>  
<http://www.recyclers-info.de/de/4-1de.htm>  
<http://www.gase.net/magazin/reifenm>  
[http://home.snafu.de/kurtr/str/de\\_prod.html](http://home.snafu.de/kurtr/str/de_prod.html)  
[www.habitat.aq.upm.es/](http://www.habitat.aq.upm.es/)  
<http://www.ihc.cl>  
[www.cepis.ops-oms.org/es](http://www.cepis.ops-oms.org/es)  
<http://www.proyecto/repidisc/publica/>  
<http://www.miliarium.com/Legislacion/residuos/estado/>  
<http://www.tierramerica.net/2002/0407/noticias4.shtml>  
<http://www.faneumatico.org.ar/noticia01.htm>  
[www.mundoautomotor.com.ar/web/2007/11/30/ford](http://www.mundoautomotor.com.ar/web/2007/11/30/ford)  
[http://www.somosamigosdelatierra.org/13\\_curiosidades/basura/basura\\_02.htm](http://www.somosamigosdelatierra.org/13_curiosidades/basura/basura_02.htm)  
<http://www.urbalmalaga.com>  
[www.DESARROLLOINTELIGENTE.ORG](http://www.DESARROLLOINTELIGENTE.ORG)  
[http://www.invest-vci.com/files/000001462\\_Expansion\\_081215.pdf](http://www.invest-vci.com/files/000001462_Expansion_081215.pdf)  
<http://www.signus.es/>  
<http://www.somosmecatronica.net/2008/12/las-llantas-en-mexico.html>  
<http://www.p2pays.org/ref/40/39937.pdf>  
<http://www.universidadperu.com/beca-curso-superior-de-residuos.php>  
[http://www.cempre.org.uy/pages/fichas\\_neumaticos.php](http://www.cempre.org.uy/pages/fichas_neumaticos.php)  
[http://www.diarioc.com.ar/tecnologia/Primer\\_proyecto\\_argentino\\_en\\_reciclado\\_de\\_neumaticos/91180](http://www.diarioc.com.ar/tecnologia/Primer_proyecto_argentino_en_reciclado_de_neumaticos/91180)  
[http://www.alide.org.pe/fn\\_ambiente\\_0702.asp](http://www.alide.org.pe/fn_ambiente_0702.asp)  
<http://www.temasactuales.com/temasblog/environmental-protection/waste-recycling/ads-quiere-cambios-en-ley-sobre-reciclaje-de-neumaticos/>  
<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/1483/1/images/cfe.pdf>