

## Desarrollo de la primera trituradora de neumáticos fuera de uso (NFU) de fabricación nacional



Dr. Ing. Gerardo Botasso

Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado

En la Argentina se generan aproximadamente alrededor de 150 mil toneladas de neumáticos fuera de uso, NFU, por año. Esta realidad hace necesario que se planteen alternativas concretas para su tratamiento. La ley de Responsabilidad Extendida del Productor, REP, que cuenta con media sanción del Senado Nacional, genera un marco para la logística inversa, la recolección hasta centros de tratamiento, el ordenamiento de los gestores y la posibilidad de que las plantas de reciclado disponibles y las instalaciones futuras, dispongan de los volúmenes de NFU generados por los usuarios. Desde el punto de vista tecnológico se hace necesario contar con las tecnologías del reciclado, como alternativa de significación a la hora de dar un nuevo uso a este recurso. Las inversiones para ello son de significación e involucran diferentes procesos denominados trituración primaria, secundaria, ciclones, rayadores, etc. Cada etapa permite obtener diferentes productos, desde trozos de 2 pulgadas a polvo de caucho pasante la malla 30 de ASTM, libre de telas y acero. También se logra generar textiles y acero por separado que pueden ser comercializados. En esta sección se presenta el desarrollo de la primera trituradora de fabricación nacional, diseñada entre la UTN La Plata y Astillero Rio Santiago, mediante fondos provenientes del Fondo de Innovación Tecnológica de la provincia de Buenos Aires (FITBA). Resulta ser una

maquinaria necesaria en el proceso de trituración de los neumáticos, con la totalidad de los componentes provenientes de la industria nacional y accesibles a cualquier municipio que pretenda dar tratamiento a estos residuos urbanos, industriales, agropecuarios o mineros, como los son los NFU.

La fabricación de neumáticos impacta doblemente en el ambiente. Por un lado, para su elaboración se requieren derivados del petróleo, materiales textiles, acero, azufre, pigmentos, trazas de metales pesados y gran cantidad de agua y energía.

La degradación natural de un neumático de caucho vulcanizado a la intemperie puede requerir entre 500 y 3.000 años, pero, debido a su alto poder calorífico, pueden ser utilizados como combustibles alternativos en algunos procesos industriales.

Por otro lado, la inmensa mayoría de los neumáticos fuera de uso en Argentina son dispuestos en forma incorrecta. Esto conlleva consecuencias ambientales, por su mala disposición. Se estima que solo un máximo del 5% se dispone en el sitio de disposición final y también provocan consecuencias negativas sobre la salud pública, ya que sirven de entorno para la proliferación de vectores sanitarios, tales como mosquitos y roedores.

En el año 2013 la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, de la Nación, publica la resolución 523/2013: Manejo Sustentable de Neumáticos. En la misma se establece "...Que de



Foto: Prototipo de la trituradora impreso en 3D.  
www.cic.gba.gob.ar

"Desde el punto de vista tecnológico se hace necesario contar con las tecnologías del reciclado, como alternativa de significación a la hora de dar un nuevo uso a este recurso."

acuerdo con la normativa internacional el neumático al final de su vida útil no está considerado como un residuo peligroso, ya que la Lista B del Anexo IX de desechos no peligrosos de la Convención de Basilea lo clasifica como entrada B3140 ..." [1].

En el mes de agosto de 2021, el Senado aprobó por unanimidad un proyecto de ley sobre presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión de los neumáticos fuera de uso, que tiene como objetivo reducir la disposición final de los NFU para disminuir el impacto sobre el ambiente y promover emprendimientos para la gestión integral de los NFU, generando mecanismos que impacten en su correcto manejo en todo su ciclo de vida. A la fecha, dicho proyecto cuenta con despacho favorable en dos comisiones de la Cámara Baja, sin haber sido tratada aún en el recinto.

Como principios específicos, la iniciativa establece que la generación de los neumáticos fuera de uso y el descarte deberá prevenirse y minimizarse en términos de su cantidad y potencial de causar riesgos e impactos negativos o daños al ambiente o la salud humana.

En cuanto al ciclo de vida integrado, el texto sostiene que los neumáticos deberán manejarse de manera tal que se minimicen los impactos negativos al ambiente o la salud durante todas las actividades que se desarrollen en su ciclo de vida (producción, uso, reutilización, reciclaje, valorización, tratamiento y/o disposición final).

Respecto de la trazabilidad, establece que los procesos en materia de puesta en el mercado de neumáticos y gestión integral de NFU deberán ser

transparentes y trazables, permitiendo conocer stocks, flujos de generación, trayectos y cantidades valorizadas y dispuestas finalmente en forma desagregada por cada etapa.

La ley contempla como uno de sus ejes fundamentales el principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), que implica la responsabilidad legal y financiera de los productores, extendida hasta el momento del post consumo de los neumáticos y la gestión de los NFU que se fabriquen o importen. En este sentido, establece que los productores serán responsables de la gestión integral de los NFU y deberán constituir asociaciones sin fines de lucro a fin de llevar a cabo la gestión integral de los NFU, las cuales serán dirigidas por los productores, pero podrán participar de su integración todos los agentes económicos. Por su parte, los distribuidores de neumáticos estarían obligados a recibir en forma gratuita los NFU para su posterior tratamiento y serían responsables de ingresarlos al sistema integrado de gestión en su carácter de generador. Los generadores de NFU serán responsables de entregarlos al productor de neumáticos o a un sistema de gestión autorizado. Estos últimos deberán ser diseñados por los productores y deberán garantizar la recogida de los NFU en todo el territorio nacional y su correcta gestión, alcanzando a todos los eslabones de la cadena de comercialización y reutilización de los neumáticos.

Finalmente, la iniciativa establece la prohibición a la importación de los NFU, el abandono y/o el desprendimiento de NFU en la vía pública o con los residuos domiciliarios, como así también cualquier proceso de eliminación no previsto en esta ley.

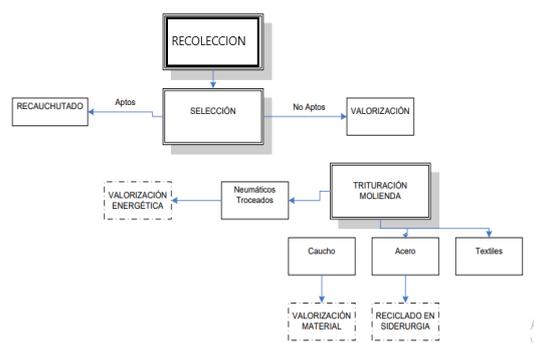


Figura 1: Esquema de tratamiento de los NFU

En la figura 1 se pueden observar las alternativas con las que cuenta el tecnólogo a la hora de proponer caminos de utilización de los NFU [2]. Cabe señalar que sin aportes de tecnología las piezas enteras pueden reusarse en muros, maceteros y juegos, mientras que con recortes y adecuaciones se pueden elaborar bijouterie, prendas, sandalias, entre otras opciones.

La primera alternativa a la hora de prolongar la vida útil de un neumático es el recapado o recauchutado. En Argentina, esta actividad se encuentra cada vez más en progreso y con marcos normativos claros y las empresas dedicadas al rubro se agrupan en ARAN, asociación reconструкторes argentinos de neumáticos. Una pieza bien conservada, sin golpes ni cortaduras de sus laterales, puede hasta duplicar su vida útil con una nueva banda de rodadura.

La cogeneración de energía es otra alternativa posible demandada principalmente por la industria cementera. La sustitución de gas o fueloil con piezas trituradas en forma primaria de los NFU o con piezas enteras, requiere de adecuaciones en las plantas de elaboración del cemento portland. Las plantas radicadas en provincia de Buenos Aires han comenzado con la incorporación de NFU como combustible alternativo, con los respectivos controles de emisiones a la atmósfera. La industria local ha logrado sustituir hasta un 4% de ahorro de energía impactando en un ahorro del 5% en el producto final [3].

Desde la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, hace más de 15 años se investiga y transfiere en relación a la trituración de los neumáticos fuera de uso. Se ha comprendido que se hace necesario considerar las diferentes etapas que se deben considerar para el aprovechamiento de los NFU, a fin de llegar a la disminución de la contaminación planteada.

En forma sintética se pueden señalar las siguientes:

1. Colaboración de la UTN La Plata, en comisiones asesoras del Congreso Nacional con el fin de apoyar la sanción de la Ley REP.
2. Colaboración con empresas productoras e importadoras para la generación de un sistema de gestión que permita, en el marco de la futura ley, la concreción de la logística inversa.
3. Estudio de factibilidad de nuevas instalaciones de trituración distribuidas en el país para productores e importadores de neumáticos. Casos particulares de trituración primaria.
4. Estudio de posibles usos de los productos generados en la trituración. Especial énfasis en el polvo de NFU para la modificación de mezclas asfálticas para carreteras. Generación de especificaciones técnicas. Ejecución de obras.

Parece oportuno detenerse en los puntos 3 y 4, señalados con anterioridad.

A tal fin se desea señalar la forma de trabajo que desarrolló la Facultad, por medio de la coordinación de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado, siguiendo uno de los lineamientos cen-

trales indicados desde el equipo de gestión, centrado en la vinculación con el medio socio productivo, procurando se solucionen temas relacionados con el territorio y el ambiente.

Se articuló la participación de dos Departamentos de especialidad:

- Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Departamento de Ingeniería Civil.

En dicho contexto se sumaron dos espacios de investigación y desarrollo:

- Centro de Control Numérico Computarizado
- Centro de Investigaciones Viales LEMaC

Se resalta el concepto de la integración de toda la problemática con el propósito de impactar en forma concreta con una línea de investigación. Durante varios años el LEMaC, consolidó la línea de investigación del uso de NFU en asfaltos y mezclas asfálticas para carreteras. Esto se hizo mediante proyectos homologados, dos tesis de maestría terminadas, una tesis doctoral defendida y cuatro en ejecución. Asistencia técnica en la realización de obras en el país y en el exterior, y habiéndose distinguido a un investigador del equipo con designación por parte del Asphalt Rubber, de Estados Unidos, como embajador argentino en tecnologías del caucho en asfalto por el periodo 2022-2025.

El Centro de Control Numérico Computarizado, CNC, por su parte durante sus investigaciones e innovaciones, ha formado a profesionales de la industria en el CNC, siendo uno de los primeros espacios universitarios con tecnología de última generación y manejo de software. Ha homologado proyectos de i+d y transferidos desarrollos a la industria tecnológica en la que se destaca INVAP, en el modelizado de antenas para varios de sus proyectos.

En la convocatoria 2022 del Fondo de Innovación Tecnológica de la provincia de Buenos Aires, FITBA, estos dos espacios de investigación presentan proyectos en alianza con dos dependencias de la provincia:

- Astilleros Rio Santiago
- Dirección Provincial de Vialidad

Los proyectos financiados por el gobierno de la provincia de Buenos Aires son:

- "Prototipo de ensayos de trituradora de neumáticos fuera de uso (NFU)" FITBA B12/2022.
- "Uso de reciclado de neumáticos fuera de uso, NFU, en pavimentos sustentables, de la infraestructura vial del territorio de la provincia de Buenos Aires" FITBA B29/2022.

La idea central del FITBA ha sido vincular a las innovaciones de la Universidad con el sector productivo, PYMES y organismos públicos.

La selección de estos dos proyectos, en una compulsa de una gran número de presentaciones, resultó ser un gran apoyo para la sostenibilidad, eje vinculante entre ambas propuestas.

Las instalaciones industriales para el triturado de neumáticos fuera de uso son complejas y no existe en el país producción relacionada con este tipo de equipamiento. Las principales plantas de trituración, las más reconocidas a nivel internacional, disponibles también en Argentina proceden de Estados Unidos de América, Italia, Dinamarca, Francia y China, entre otros. Todas ellas se comercializan en Europa, Asia y América. Las instalaciones chinas, resultan ser más competitivas en precios al resto de las propuestas.

La complejidad de una planta crece a medida que la misma produzca polvo de NFU. En este caso se llega a un tamaño máximo de partícula que pase la malla 30 o 40 de ASTM, alcanza a tamaños por debajo de los 0,6 a 0,5 mm.

Estas partículas poseen un tamaño adecuado para la dispersión del polvo de NFU en asfaltos y mezclas asfálticas, debiendo estar libres de telas sintéticas y de material ferroso, por lo cual en las instalaciones se deben sumar ciclones para la separación de las fibras y retenedores magnéticos de acero. Se suman al proceso dos dispositivos esenciales para la separación de estos materiales que se pueden comercializar en industrias específicas.

En las figuras 2 y 3 se pueden observar los esquemas de las plantas de trituración hasta la producción de polvo libre de telas textiles y de acero.

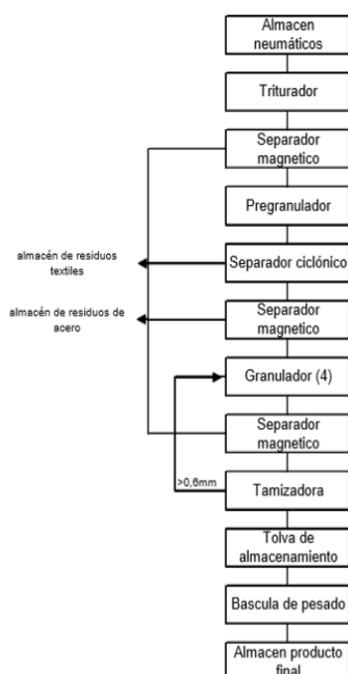


Figura 2: Layout general de una planta integral de trituración de NFU



Figura 3: Vista 3D de una planta integral de trituración de NFU

La selección de una planta de trituración deberá considerar al menos los siguientes aspectos de significación:

- El precio de la instalación.
- El consumo de energía total, ya que la energía consumida será considerada en el análisis de ciclo de vida, bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.
- El mantenimiento y desgaste. Durabilidad.
- La disponibilidad de repuestos y servicio técnico.
- El funcionamiento continuo o discontinuo del sistema ensamblado.
- La cantidad de mano de obra incorporada, entre otros factores.

Puntualmente, haciendo referencia al desarrollo de la trituradora, se ha potenciado un acuerdo marco con una de las empresas emblemáticas de la provincia de Buenos Aires. Astillero Rio Santiago, dispone de recursos humanos altamente calificados en plena interacción con la UTN La Plata, se comparten además parte de esos recursos como profesores e investigadores. Por otro lado, las instalaciones industriales en una escala de producción muy superior a cualquier otra industria del país, permite la escala de fabricación requerida.

En el centro de mecanizado del departamento de ingeniería mecánica y de impresión 3D, se pueden modelizar los prototipos a escala.

En este caso se trabaja en la trituradora primaria.

La misma puede reducir el volumen de los neumáticos fuera de uso a 1/3 del volumen inicial.

“La primera alternativa a la hora de prolongar la vida útil de un neumático es el recapado o recauchutado. En Argentina, esta actividad se encuentra cada vez más en progreso y con marcos normativos claros.”

Como los municipios son las áreas territoriales donde más se generan NFU, es en esos lugares donde se hace necesario sumar instalaciones en puntos de recolección municipales, en los cuales se pueda implementar la logística inversa, con mano de obra de los recolectores informales que conocen al territorio, la forma de recorrerlo, necesitando sumarse a trabajos formales dentro de una estrategia municipal.



Figura 4: Modelado en 3D.

Los neumáticos triturados en estas instalaciones llegan a un tamaño aproximado a 5 cm de lado conteniendo aún telas sintéticas y aceros. En este formato el volumen transportado a las plantas con el esquema de funcionamiento de las figuras 2 y 3, se reduce a 1/3 del neumático entero. Los sistemas de corte, el torque, la potencia, el calentamiento de la muestra, el rozamiento, la cantidad de kg/hora de producción, son variables que han sido consideradas en el proceso de diseño.



Figura 5: Mecanizado en control numérico del prototipo de trituradora.

A partir de aquí se desarrolla el prototipo a escala real, en las instalaciones del Astillero Río Santiago.

Por otro lado se trabaja con la Dirección provincial de Vialidad de la provincia de Buenos Aires, con las especificaciones técnica para el uso del polvo en mezclas asfálticas.

## CONCLUSIONES

La UTN La Plata, en base a la concepción de las políticas científicas en el contexto de las políticas públi-

“La UTN La Plata, en base a la concepción de las políticas científicas en el contexto de las políticas públicas, ha logrado articular con empresas y reparticiones del sector público”.

cas, ha logrado articular con empresas y reparticiones del sector público para producir equipamiento 100% nacional de elevado impacto territorial y ambiental.

Por otro lado, se observa que el impacto guarda relación directa con la inversión en conocimiento de base y proyectos de investigación consolidados, que han permitido disponer de amplia formación y disponibilidad de conocimiento en la frontera tecnológica.

También la participación de los tecnólogos y científicos de la ingeniería, en la cadena de valor de la innovación, por fuera estrictamente de lo técnico, ha transformado a dicho sector en un actor clave en otros ámbitos, tales como los legislativos, gestión y especificaciones para el diseñador de las obras viales.

## AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Decano de la Regional La Plata, de la UTN, Mg. Ing. Luis Ricci.

Al Fondo de Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires, FITBA.

A los profesionales de la UTN La Plata que a través de sus centros participan y a los de Astillero Río Santiago y la Dirección Provincial de Vialidad.

## REFERENCIAS

Resolución 523/2013: Manejo Sustentable de Neumáticos (2013). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

F.A. López et al (2018). Situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención del negro de humo de alta pureza.

[https://digital.csic.es/bitstream/10261/17979/1/NFU%27s\\_revision.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/17979/1/NFU%27s_revision.pdf)

Holcim innova para producir reciclando neumáticos a través del coprocesamiento (2019). *Revista área tres*. <https://www.revistaareatres.com.ar/holcim-innova-para-producir-reciclando-neumaticos-a-traves-del-coprocesamiento>