

SISTEMA DE DISGREGACIÓN MECÁNICA Y CRIOGENIZACIÓN PARA TRATAR NEUMÁTICOS EN DESUSO

Maribel Díaz Chimin*
Pablo Castelú Ticona**

RESUMEN

En las ciudades de La Paz y de El Alto (Bolivia), la expansión acelerada de su parque automotor está provocando un importante aumento de residuos sólidos en desuso (baterías, aceites, neumáticos, etc.), que contribuyen al deterioro ambiental ciudadano.

Con referencia específica a los neumáticos en desuso, se ha diseñado un sistema de reciclado sometiendo los neumáticos a un proceso de disgregación mecánica y criogenizado, para obtener por separado materiales reutilizables: alambre de acero, fibras textiles plásticas y caucho molido en varios tamaños granulares.

PALABRAS CLAVE: Reciclado de neumáticos en desuso, disgregación mecánica, criogenización.

ABSTRACT

In the cities of La Paz and El Alto (Bolivia), the accelerated expansion of its automotive fleet is causing a significant increase in disused solid waste (batteries, oils, tires, etc.), which contribute to the environmental deterioration of the city.

With specific reference to worn tires, a recycling system has been designed by subjecting the tires to a process of the mechanical disintegration and subsequent cryogenization, to separately obtain reusable materials: steel wire, plastic textile fibers and ground rubber in different granular sizes.

KEYWORDS: Tire recycling disused, Mechanical disaggregation, cryogenization.

RESUMO

Em las cidades de La Paz e de El Alto (Bolivia), a expansão do setor automotor está provocando um aumento importante de resíduos sólidos em desuso (baterias, aceites, pneus, etc.), que contribuem ao deterioro ambiental cidadão.

Contagem específica dos pneus em desuso, se ha projetado um sistema de reciclado com os componentes de um processo de disgregação mecânica e posterior criogenia, para obter por separado materiais reutilizáveis: alambre de aço, fibras têxteis plásticas e caucho molido em diferentes tamanhos granulares.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem de pneus em desuso, desintegração mecânica, criogenia.

History of the article: Received: 30/06/2017. Style review: 09/07/2017. Accepted: 18/07/2017

INTRODUCCIÓN

En el parque automotor de las ciudades de La Paz y El Alto, hasta la finalización de la gestión 2016, según el RUAT¹, se tenían 407621 vehículos [1]. Cantidad que relacionada con el número de neumáticos por movilidad (cuatro) corresponde aproximadamente a 1630484 unidades que una vez alcanzado el final de su ciclo de vida, se convierten o convertirán en neumáticos desusados esparcidos muchas veces en diferentes calles, avenidas, rellenos sanitarios y botaderos clandestinos, ocasionando un riesgo para la salud, porque se transforman en focos de infección, criadero de mosquitos, roedores y reptiles. Ester patrón de almacenamiento informal de neumáticos en desuso se muestra en la fotografía 1.



Fotografía 1: Patrón de almacenamiento informal de neumáticos en desuso. **Crédito:** Díaz, M., Castelú, P., 2016

La utilidad final de los neumáticos en desuso, es una preocupación ambiental que tiene en el **reciclado con reducción de volumen** una alternativa interesante para recuperar materiales estructurales: alambres de acero, fibras textiles plásticas, y el material aglomerante del neumático (caucho vulcanizado más aditivos) por separado, aplicando con preferencia la disgregación mecánica a temperatura ambiente (cortado, triturado y molienda).

Por otra parte, frente al esfuerzo físico que representa la disgregación mecánica para vencer la dureza del neumático (mezcla de materiales coadyuvantes a mejorar la resistencia al desgaste por fricción y la resistencia a la deformación plástica por fatiga y flexión), se ha originado un procedimiento de trituración a través de un sistema **criogénico** de enfriamiento que congela el material neumático desmenuzado (trituración primaria) haciéndolo más frágil para que en una segunda disgregación mecánica por golpe, este material sea pulverizado para separar posteriormente el caucho de los materiales estructurales.

Objetivo de investigación

Diseño y construcción de un prototipo de disgregación mecánica y ensayos de criogenización, capaces de desmenuzar neumáticos en desuso para su posterior reutilización.

DESARROLLO

Para lograr este objetivo se propone establece en principio un sistema de **disgregación mecánica móvil** de cuatro etapas:

- Primera etapa, corte de las bandas laterales y dejar la banda de rodaje lista para su trituración.
- La segunda etapa, disminución del volumen ocupado por el neumático desechado (cortado).
- En la tercera etapa, separación del caucho y los materiales estructurales (alambres y fibras), mediante la aplicación de una bobina electromagnética.
- La última etapa corresponde a la trituración fina o molienda del caucho para su almacenamiento posterior.

¹ En Bolivia un total de 1711005 vehículos

El prototipo debe cumplir con algunas necesidades elementales: Debe reducir el volumen de los neumáticos de desecho. El costo del sistema de disgregación mecánica debe estar en relación con el financiamiento obtenido para el proyecto. Su dimensionamiento deberá ser el adecuado para cubrir las cuatro etapas del proceso. La disgregación mecánica debe ser segura y fácil en su operación.

Esquema del ensamble y operaciones auxiliares, sistema de disgregación mecánica

Ver figura 1,

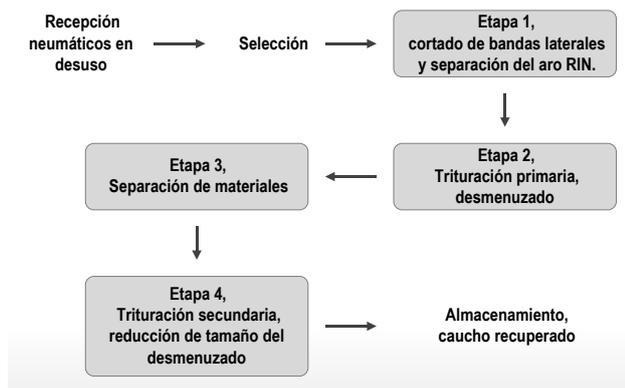


Figura 1: Esquema de ensamble y operaciones auxiliares

Etapa 1: Máquina cortadora

Posee la función de realizar el corte de las bandas laterales de los neumáticos en desuso. Conformada por dos cuchillas que actúan simultáneamente en el corte de las bandas. Tiene un motor eléctrico unido por una polea que hace girar mediante un engranaje el neumático para el corte, además de una caja de controles eléctricos y brazo mecánico para la operación de la maquina cortadora, ver fotografía 2.



Fotografía 2: Máquina cortadora laterales y banda de rodadura. Crédito: Díaz, M., Castelú, P. 2016

Etapa 2: Máquina trituradora primaria

Tiene una carcasa y en su interior están 18 muelas trituradoras de caucho. Los rodamientos soportan los ejes de transmisión. Una caja de control eléctrico acciona el motor eléctrico trifásico dando movimiento de las ruedas trituradoras. Incorpora también una caja de engranajes de

transmisión unida a los ejes donde se encuentra los discos dentados. Por una tolva se depositarán las bandas de rodaje y su direccionamiento a través de ésta. Ver fotografía 3.



Fotografía 3: Máquina de trituración primaria (reductor de volumen). Crédito: Díaz, M., Castelú, P. 2016

Etapa 3: Máquina separadora

Estructura metálica donde se instalan varios rodillos y una cinta transportadora, además de un motor y el panel de control eléctrico. Separando por medio de un imán convencional las partes metálicas y fibras del caucho triturado. Fotografía 4.



Fotografía 4: Máquina separadora por electromagnetismo. Crédito: Díaz, M., Castelú, P. 2016

Etapa 4: Máquina trituradora secundaria

Al igual que la máquina trituradora primaria, tiene dos rodillos en forma de tornillo sin fin para la trituración fina del caucho libre de alambres y fibras. Además de una carcasa, rodamientos, engranajes, motor trifásico y caja de control.

Sistema de disgregación mecánica, materiales

Tolvas: Planchas de acero espesor ¼ de pulgada.

Cajas de alojamiento de las trituradoras: Estructura metálica de acero ST 40 en laterales y un espesor de 25 mm, donde se ubican dos ejes paralelos para insertar los discos trituradores para el cortado, cada eje tiene nueve

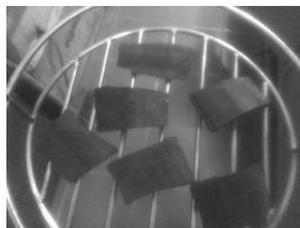
discos trituradores y nueve espaciadores intercalados con el mismo espesor. Un conjunto de uñetas fijas actúan como guadoras montadas sobre las paredes de la carcasa.

Los discos trituradores son de acero duro ST 40 adicionado con tratamiento térmico para obtener una dureza en un rango de 161 Rockweel. Considerando que sus dos ejes paralelos deben mantener su forma.

Criogenización de neumáticos en desuso

La criogenia es un procedimiento utilizado para enfriar un material a la temperatura de ebullición del nitrógeno o a temperaturas aún más bajas. El nitrógeno tiene un punto de ebullición de 77,36 K equivalente a $-195,79\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo tanto por debajo de esta temperatura el nitrógeno permanece en estado líquido, y cualquier objeto o cuerpo material sumergido en este líquido prácticamente está congelado y pierde sus propiedades mecánicas y físicas: dureza, resistencia a la tracción, viscosidad plástica, fluidez, etc. En consecuencia, sumergiendo el material triturado en la etapa 1, este se congela y fragiliza, a tal punto que golpeándolo se pulveriza y deja expuestos los materiales estructurales (alambre de acero y bandas textiles plásticas), recogiendo el caucho en forma de polvo² y el nitrógeno en forma de gas.

Pruebas experimentales de criogenización



Crédito: Díaz, M., Castelú, P., 2016

Se tomaron trece muestras de diferentes pesos, para sumergirlas en nitrógeno líquido. Sometidas estas muestras a inmersión en nitrógeno líquido, todas fueron atacadas en su dureza por la criogenización (quemado

por el frío). Sin embargo para una mejor caracterización del material y su inmersión en nitrógeno líquido, se requiere normalizar el procedimiento para la posterior trituración o molienda, considerando el mismo peso en cada muestra.

CONCLUSIONES

- Construcción modular del sistema de disgregación mecánica y separación de materiales de neumáticos en desuso. Ver fotografías 2, 3 y 4. Lográndose el objetivo propuesto: diseño y construcción de un sistema de disgregación mecánica móvil, conformado por cuatro etapas con sus respectivas máquinas capaces de disgregar (triturar) neumáticos de caucho en desuso con diámetro interior menor a R15, y separar sus materiales estructurales (alambre de acero y fibras plásticas).
- Experimentación criogénica preliminar. Evidenciando que en un rango de 5 a 17 minutos de inmersión, distintos pesos de neumáticos desmenuzados son afectados notablemente en su dureza, obteniéndose diferentes tamaños granulares en la trituración y molienda.

RECOMENDACIONES:

- Solicitar a las autoridades encargadas del Ministerio de Medio Ambiente, la implementación de un programa de reciclado de neumáticos en desuso.
- Promover en la población urbana de La Paz y El Alto el reciclado de neumáticos, en vez de su abandono en calles, avenidas y lugares de disposición final de residuos sólidos (botaderos), o su quemado.
- Es una necesidad contar con inversiones económicas de parte de los administradores públicos y privados acerca de la implementación de una planta de disgregado mecánico y separación de materiales estructurales de neumáticos en desuso, que beneficie a las ciudades de La Paz y el Alto.
- Desarrollar estudios sobre el uso y aplicaciones del caucho triturado.

BIBLIOGRAFÍA

Ander, E. E., 2008, El desafío ecológico books.google.com.bo,

Cuartero, J., 2003 Materiales compuestos, Volumen 1 Asociación Española de Materiales Compuestos, Barcelona - España,

Castro, G., 2007, Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos, Departamento de Ingeniería Mecánica FIUBA, Buenos Aires - Argentina,

Castro, G., 2008, Materiales y compuestos para la industria del neumático, Departamento de Ingeniería Mecánica FIUBA, Buenos Aires - Argentina.

Fe de autores:

(*), Licenciada en Química Industrial, Docente investigadora IIAT, Facultad de Tecnología - UMSA.

(**), Licenciado Aeronáutico, Docente Carrera de Aeronáutica, Facultad de Tecnología - UMSA.

² Dependiendo de la finura del polvo de caucho obtenido, se utiliza para la fabricación de cubiertas con menores esfuerzos mecánicos: maquinaria agrícola, carretillas, etc., también en construcciones civiles y obras públicas: pistas de atletismo, asfaltado de carreteras y otras vías públicas.