



POLITÉCNICO COLOMBIANO
JAIME ISAZA CADAVID

VALORIZACIÓN DE LLANTAS

BOLETÍN CAMER • JUNIO DE 2024



AUTORES

MARIA CAMILA QUINTERO QUINTANA¹
ERASMO ARRIOLA-VILLASEÑOR¹
ALBA N. ARDILA A.^{1*}

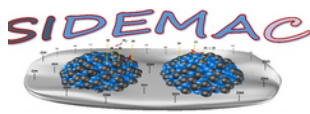
*Email contacto: anardila@elpoli.edu.co



Semilleros de Investigación en Sensores Poliméricos (SISEPOL)



Semilleros de Investigación en Valorización de Residuos (SIVARE)



Semillero de Investigación en Desarrollo de Materiales Catalíticos (SIDEMAC)

CONTENIDO

Un desafío ambiental	pág. 3
Componentes de las llantas	pág. 3
Quema de llantas	pág. 4
Importancia de la valorización de llantas	pág. 5
Métodos de valorización de llantas	pág. 6
¿Qué estrategias hemos implementado en CAMER para para la valorización de residuos de llantas?	pág. 7
Alianzas	pág. 9
Consultorías	pág. 10
Publicaciones	pág. 12
Conclusión	pág. 12
Agradecimientos	pág. 13
Referencias.....	pág. 13

UN DESAFÍO AMBIENTAL

GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de llantas usadas representa un desafío ambiental significativo debido a la gran cantidad de residuos generados y su lenta descomposición. La quema de llantas, una práctica común para deshacerse de estos residuos, ha demostrado tener graves impactos negativos en el medio ambiente y la salud. En este boletín, exploramos la importancia de la valorización de llantas y presentamos las iniciativas innovadoras de CAMER para abordar esta problemática. A través de investigaciones y colaboraciones estratégicas, hemos desarrollado métodos sostenibles para reciclar y reutilizar llantas, convirtiendo un residuo problemático en recursos valiosos que contribuyen a una economía circular y más verde.



COMPONENTES DE LAS LLANTAS

Las llantas están compuestas por varios materiales esenciales que les otorgan sus propiedades de resistencia y durabilidad. A continuación, se detallan los principales componentes:

CAUCHO NATURAL Y SINTÉTICO (40-48%)

- **Caucho natural:** Derivado del látex de árboles de caucho, proporciona elasticidad y resistencia.
- **Caucho sintético:** Fabricado a partir de derivados del petróleo, como el estireno-butadieno, ofrece resistencia al desgaste y a altas temperaturas.

NEGRO DE HUMO O SÍLICE (22-27%)

- **Negro de humo:** Material carbonoso utilizado para mejorar la resistencia al desgaste y la durabilidad de las llantas.
- **Sílice:** Utilizado en lugar del negro de humo en algunas llantas, mejora la tracción en superficies mojadas y reduce la resistencia a la rodadura, mejorando la eficiencia del combustible.

MATERIALES DE REFUERZO (5-25%)

- **Metales:** Principalmente alambre de acero, proporciona rigidez y soporte estructural. El acero se encuentra en la carcasa y los cinturones de la llanta.
- **Fibras textiles:** Utilizadas en la construcción de llantas radiales para reforzar la estructura y mantener la forma bajo carga. Comunes son las fibras de poliéster, nylon y rayón.

ADITIVOS Y OTROS (0-8%)

- **Antioxidantes y antiozonantes:** Protegen la llanta de la degradación causada por la exposición al ozono y la luz ultravioleta.
- **Plastificantes:** Mejoran la flexibilidad del caucho.
- **Resinas y pegamentos:** Aumentan la adhesión entre los diferentes componentes de la llanta.
- **Azufre y aceleradores de vulcanización:** Utilizados en el proceso de vulcanización para crear enlaces entre las cadenas de polímeros del caucho, mejorando la elasticidad y resistencia a la abrasión.

QUEMA DE LLANTAS

La quema de llantas ha sido una práctica común durante décadas, debido a la necesidad de deshacerse de grandes cantidades de llantas usadas de manera rápida y económica. Esta actividad se popularizó a mediados del siglo XX con el incremento del uso de automóviles, lo que resultó en una acumulación significativa de llantas desechadas. La falta de infraestructura para el reciclaje conllevó a la quema como método de eliminación. Sin embargo, con el tiempo se hicieron evidentes los graves impactos ambientales y de salud asociados a esta práctica, incluyendo **la liberación de gases tóxicos, partículas finas y sustancias cancerígenas.**



Desde las décadas de 1970 y 1980, se han implementado regulaciones más estrictas y promovido métodos alternativos de manejo de residuos, como **el reciclaje y la valorización energética.** A pesar de estos esfuerzos, la quema de llantas persiste en muchas regiones donde las opciones de reciclaje son limitadas. La educación pública y la implementación de infraestructuras adecuadas son esenciales para eliminar esta práctica y promover una gestión de residuos más sostenible. La valorización de llantas no solo protege el medio ambiente, sino que también ofrece oportunidades económicas y reduce la dependencia de materias primas vírgenes, avanzando hacia una economía circular.

IMPORTANCIA DE LA VALORIZACIÓN DE LLANTAS

La valorización de llantas usadas es crucial por varias razones, tanto ambientales como económicas y sociales. Aquí se destacan las más importantes:

REDUCCIÓN DE RESIDUOS Y CONTAMINACIÓN

- **Espacio en vertederos:** Las llantas ocupan una cantidad significativa de espacio en los vertederos debido a su tamaño y durabilidad. Además, no se descomponen fácilmente, lo que agrava el problema de la gestión de residuos.
- **Riesgo de incendios:** Las llantas en vertederos pueden incendiarse fácilmente y los incendios de llantas son difíciles de extinguir. Estos incendios liberan grandes cantidades de gases tóxicos y pueden arder durante largos períodos.
- **Contaminación del suelo y agua:** La quema y descomposición de las llantas pueden liberar sustancias químicas tóxicas que contaminan el suelo y las fuentes de agua, afectando la salud humana y los ecosistemas.



IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO

- **Reducción de la extracción de materias primas:** Al reciclar y reutilizar materiales de las llantas, se reduce la necesidad de extraer materias primas vírgenes, lo que a su vez disminuye el impacto ambiental asociado a la minería y la producción industrial.
- **Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero:** La valorización de llantas contribuye a la reducción de emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero asociados con la producción de materiales nuevos y la gestión de residuos.

RECUPERACIÓN DE MATERIALES VALIOSOS

- **Caucho:** El caucho reciclado de las llantas puede ser reutilizado en diversos productos, como pisos de goma, pistas deportivas, y en la fabricación de nuevas llantas.
- **Metales:** Los alambres de acero y otros metales presentes en las llantas pueden ser reciclados y utilizados en la industria metalúrgica, reduciendo la necesidad de extraer nuevos metales.
- **Negro de humo:** Utilizado como pigmento y refuerzo en la fabricación de caucho y plásticos, puede ser recuperado y reutilizado, disminuyendo la dependencia de materias primas vírgenes.



MÉTODOS DE VALORIZACIÓN DE LLANTAS



RECICLAJE MATERIAL

- **Triturado y granulación:** Las llantas se trituran en pequeñas partículas que pueden ser utilizadas en la fabricación de nuevos productos de caucho, asfalto modificado, y rellenos para construcción. Este proceso también facilita la separación de los componentes metálicos y textiles.
- **Reciclaje de acero:** El acero recuperado de las llantas trituradas puede ser fundido y reutilizado en la fabricación de nuevos productos metálicos.
- **Uso en concreto:** El caucho triturado puede ser incorporado en mezclas de concreto para mejorar su resistencia al impacto y durabilidad. Este método también puede incluir la utilización de fibras de acero recuperadas de las llantas para reforzar el concreto.

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA

- **Pirólisis:** La pirólisis es un proceso de descomposición térmica en ausencia de oxígeno que convierte las llantas en productos útiles como aceites, gases y carbón activado. Estos productos pueden ser utilizados como combustibles alternativos o como materia prima en diversas industrias.
- **Gasificación:** Similar a la pirólisis, la gasificación convierte las llantas en gas combustible bajo condiciones controladas de temperatura y atmósfera. Este gas puede ser utilizado para generar energía o como materia prima en procesos industriales.
- **Combustión directa:** Las llantas pueden ser utilizadas como combustible en plantas de cemento y otras industrias con altos requerimientos energéticos, aunque este método debe ser cuidadosamente controlado para minimizar las emisiones de contaminantes.



REUTILIZACIÓN DIRECTA

- **Recauchutado:** Las llantas usadas pueden ser renovadas mediante el recauchutado, un proceso que reemplaza la banda de rodadura desgastada por una nueva, extendiendo así la vida útil de las llantas.
- **Aplicaciones en construcción y paisajismo:** Las llantas enteras pueden ser reutilizadas en proyectos de construcción y paisajismo, como muros de contención, bases para juegos infantiles, y barreras de protección en carreteras.

¿QUÉ ESTRATEGIAS HEMOS IMPLEMENTADO EN CAMER PARA PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE LLANTAS?

- Hemos estudiado los efectos de la quema de llantas en la calidad del recurso hídrico.
- Hemos efectuado simulaciones para la obtención de combustibles sintéticos a partir de estos residuos.
- Hemos desarrollado materiales carbonosos y catalizadores sólidos para su posterior aplicación en la obtención de combustibles.
- Hemos obtenido y caracterizado sulfato de hierro (II) heptahidratado a partir de alambre de acero proveniente de llantas residuales.



Proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico para la valorización de residuos de llantas

Aprovechamiento y valorización de residuos de llantas

Una alternativa ambiental y económicamente viable. Ardila A. Alba N., Arriola V. Erasmo, Hincapié-Triviño Gina M., Álvarez G. Álvarez G. William F., Hurtado J. Daniela, Madrid A. Alexander, Muñoz R. Alejandro, Berrio M. Eliana, Aguilar L. Leidy Jazmín. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Ekogroup. 20 Diciembre de 2016- Diciembre 20 de 2018.

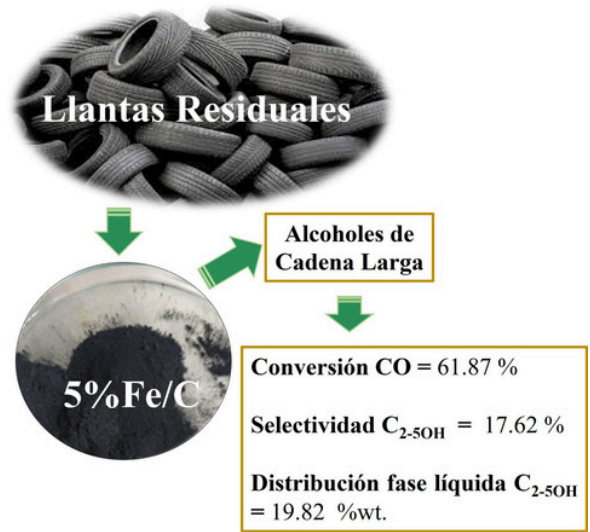


Aprovechamiento y valorización de residuos de llantas usadas

Una alternativa ambiental y económicamente viable. Ardila A. Alba N., Gustavo Fuentes Zurita, Rolando Barrera Zapata, Erasmo Arriola Villaseñor, Sebastian Amar Gil, Alfonso Enrique Ramírez Sanabria, Leidy Jazmin Aguilar Lagos. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa, Universidad de Antioquia, Ekogroup, Universidad del Cauca. 1 de Octubre de 2018- 1 de Octubre de 2019.

Desarrollo de catalizadores a partir de llantas residuales para la síntesis de alcoholes de cadena larga.

Sebastián Amar Gil, Rolando Barrera Zapata, Alba Nelly Ardila Arias. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Agosto 5 de 2020- Junio 15 de 2021.



Aprovechamiento de acero y caucho de llantas residuales para el desarrollo de catalizadores de hierro.

Alba Nelly Ardila Arias, Gustavo Fuentes Zurita, Rolando Barrera Zapata, Erasmo Arriola Villaseñor, Sebastián Amar Gil. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Febrero 15 de 2021- Agosto 15 de 2022.



Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular

Código 82312, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020. Convocatoria para el fortalecimiento de CTel en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas, 2022-2026.

ALIANZAS

Nuestro grupo ha establecido alianzas estratégicas con empresas recicladoras para unir esfuerzos en la valorización de residuos de llantas.



<p>Laboratorio Ambiental de Gestión del Recurso Hídrico</p>	<p>FICHA TÉCNICA CAUCHO GRANULAR RECICLADO</p>	<p>CÓDIGO FD-ME237</p>
		<p>Versión 01</p>

Descripción del producto: producto granular, de color negro, no tóxico, con suave olor característico al caucho, flexible y no compactado, proveniente del reciclaje de llantas fuera de uso. Producido por EKO GROUP COLOMBIA S.A.S.

Caucho Granular Reciclado (CGR): producto proveniente del reciclaje de las llantas fuera de uso, después de un proceso mecánico, donde se da aprovechamiento y valorización. En el proceso mecánico se realiza trituración y separación magnética, entregando un producto adecuado libre de acero.

Usos: materia prima para diferentes usos como escenarios deportivos, mezclas asfálticas y adsorbentes de diferentes contaminantes, entre otros.



Parámetro	Método	Unidad	Valor
Humedad	ASTM D5461	%	0.73
Densidad a 25°C	ASTM D792	g/cm ³	1.15
Rango de granulometría	ASTM D5603	µm	2000 -2360
Contenido de fibra	ASTM D5603	%	3.0
Área BET	ASTM D6556	m ² /g	10.5
Presencia de acero	ASTM D1817	%	0.09
Autoinflamabilidad	ASTM D6370	* C	350
Material volátil	ASTM D6370	%	61.5
Carbono fijo	ASTM D6370	%	25.6
Cenizas	ASTM D4574	%	8.7
Poder calorífico	ASTM D6370	MJ/Kg	29.3

PRESENTACIÓN
Bultos de 30 Kg

INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE

Es considerado material con características no peligrosas para transporte marítimo, aéreo y terrestre.

1 / 1

CONVENIO DE COLABORACIÓN ACADÉMICA Y TÉCNICA SUSCRITO ENTRE EKO GROUP Y EL POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID

Entre los suscritos, a saber: **JOHN FERNANDO ESCOBAR MARTÍNEZ**, ciudadano mayor de edad identificado con la cédula de ciudadanía N°98.496.070, quien actúa en calidad de Rector de la Institución, según Acuerdo del Consejo Directivo N° 03 del 18 de marzo de 2015 y de conformidad con el Acta de Posesión del 20 de abril de 2015 ante el Consejo Directivo, en desarrollo de la autonomía administrativa y contractual, y quien en adelante se denominará "EL POLITÉCNICO", de una parte y de la otra parte **LEIDY JAZMÍN AGUILAR LAGOS**, identificada con la cédula de ciudadanía No. 1.128.404.718 de Medellín, quien para efectos de este convenio actúa en representación de EKO Group Colombia S.A.S en su condición de Gerente, con NIT 900677924-0 y domicilio principal en la Vereda el Alvarado 150 metros al Norte del Matadero Municipal, que en adelante se denominará EKO GROUP, hemos acordado celebrar el presente Convenio de Colaboración, previas las siguientes:

CONSIDERACIONES

DECLARACIONES: I. – DEL POLITÉCNICO: 1. Que EL POLITÉCNICO es una Institución de Educación Superior Estatal de vocacionalidad tecnológica, que ofrece una formación integral con programas de calidad en pregrado y posgrado, apoyados en la gestión del conocimiento de base científica. 2. Que la transferencia tecnológica es una orientación misional del Politécnico, para lo cual tiene a su disposición, diferentes Grupos de Investigación y Consultorios Tecnológicos para el desarrollo e implementación de las mismas, conformados por investigadores de alta calidad. 3. Que algunos Grupos de Investigación de EL POLITÉCNICO desarrollan proyectos de investigación aplicada, proyectos de investigación y desarrollo experimental, proyectos I+D, y proyectos de Investigación en Innovación (I+D+) en líneas de investigación afines con los objetivos de EKO GROUP.

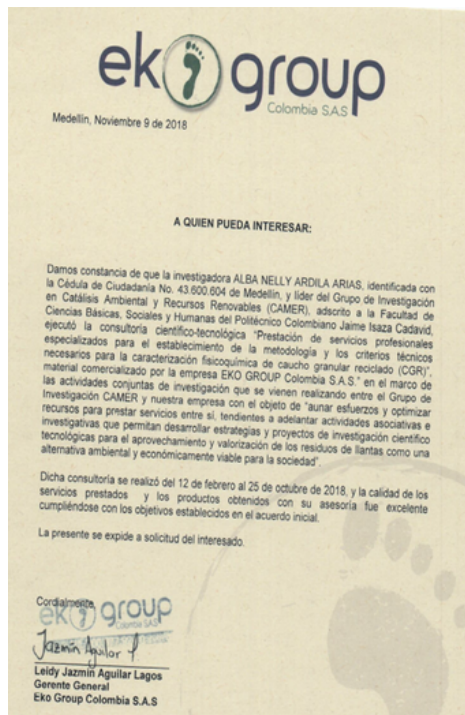
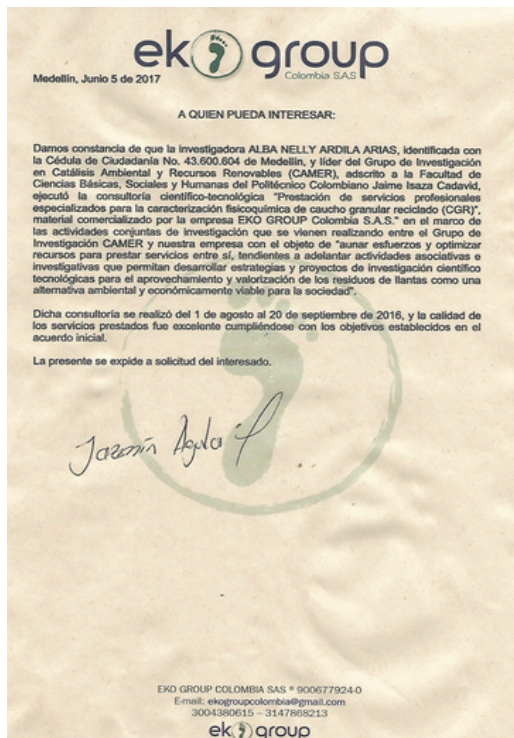
DECLARACIONES: II. – DE EKO GROUP: 1. Que EKO GROUP COLOMBIA S.A.S es una organización que transforma neumáticos fuera de uso – NFU-, en productos amigables para el planeta, mediante procesos, personas, recursos, tecnología, conocimiento e infraestructura enfocada en brindar resultados satisfactorios para los interesados. 2. Que EKO GROUP COLOMBIA S.A.S es una organización sinónimo de responsabilidad social, trascendiendo a nivel local, regional, nacional e internacional con acciones de impacto ambiental. 3. Que la gestión de EKO GROUP COLOMBIA S.A.S se enmarca en la protección del planeta, disminuyendo los impactos ambientales y los riesgos del personal con que interactúa, ejecutando procesos transparentes y en constante mejoramiento. 4. Que EKO GROUP COLOMBIA S.A.S mediante alianzas desarrolla y válida tecnologías para lo cual busca considerar acuerdos de cooperación con entidades como EL POLITÉCNICO.

III. – PARA AMBAS PARTES: Que de conformidad con las anteriores declaraciones, las partes reconocen su personalidad jurídica, manifiestan que tienen objetivos e intereses



CONSULTORÍAS

Nuestro grupo tiene experiencia en el desarrollo consultorías tecnológicas innovadoras al sector empresarial para la valorización de residuos de llantas



- Prestación de servicios de Consultoría Científico-Tecnológica a la empresa Ekogroup. Prestación de servicios profesionales especializados para la caracterización fisicoquímica de caucho granular reciclado (CGR), material comercializado por la empresa EKO GROUP Colombia S.A.S. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y EKO GROUP. 1 de agosto al 20 de septiembre de 2016. Alba N. Ardila A.
- Prestación de servicios profesionales especializados para el establecimiento de la metodología y los criterios técnicos necesarios para la caracterización fisicoquímica de caucho granular reciclado (CGR). Prestación de servicios profesionales especializados para el establecimiento de la metodología y los criterios técnicos necesarios para la caracterización fisicoquímica de caucho granular reciclado (CGR). Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y EKO GROUP. Febrero a octubre de 2018. Alba N. Ardila A.

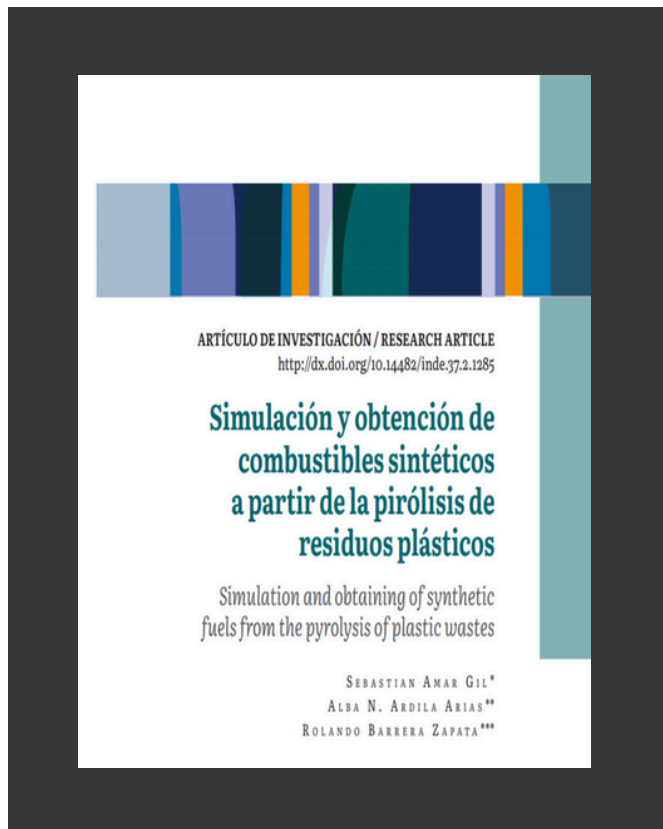
PUBLICACIONES

Descubre nuestras investigaciones y consulta nuestras publicaciones.



Efecto de la quema de llantas en la calidad del agua de un tramo de la quebrada Piedras Blancas. Alba N. Ardila A., Erasmo Arriola Villaseñor. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. 8 No. 5, Pags 39-55, Septiembre.-octubre 2017.

[Ver artículo](#)



Simulación y obtención de combustibles sintéticos a partir de la pirólisis de residuos plásticos. Sebastián Amar Gil, Alba N. Ardila A, Rolando Barrera Zapata. Revista Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. Vol. 37, No. 2, (2019), pag. 2145-2371.

[Ver artículo](#)

Obtaining and characterization of catalytic materials from waste tires for the Fischer–Tropsch process

Sebastian Amar-Gil¹ · Alba N. Ardila-Arias² · Rolando Barrera-Zapata¹

Received: 11 July 2022 / Accepted: 5 January 2023
© Springer Nature Japan KK, part of Springer Nature 2023

Abstract

In this contribution, the preparation of iron-based catalysts from waste tires is reported. Waste steel from disused tires was used as feedstock to obtain iron sulfate (active phase precursor), while tire rubber was transformed by pyrolysis into carbonaceous material (catalyst support). Thus, catalysts were prepared from waste tires and characterized by different techniques. For comparison, additional catalysts were prepared using commercial iron sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) as the active phase precursor, and commercial activated carbon (derived from mineral coal) as support. The yield toward tire-derived carbon was about 64.6 ± 1.3% with respect to the tire used, while the yield toward iron salt was about 47.1 ± 2.8%. The synthesized catalysts presented similar characteristics to catalysts prepared with commercial materials, presenting groups such as aromatic compounds (C=C), carbonyl group (C=O) and hydroxyl groups (-OH), in addition to the presence of magnetic, amorphous graphitic carbon and ZnS in their structure.

Keywords Iron-based catalysts · Waste valorization · Waste tires

Introduction

Synthetic fuels can be obtained from synthesis gas by the Fischer–Tropsch (FT) process and can often be used as an alternative to fossil fuels for power generation [1–3]. Different metals can be used as catalysts in FT processes, with Fe being one of the most widely used in the industry due to its catalytic activity and relatively low cost compared to other metals [4, 5]. Fe-based catalysts are very active for water gas shift reaction ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$) and can be used for the transformation of synthesis gas with low H_2/CO molar ratio ($\text{H}_2/\text{CO} < 1$) and temperatures between 200 and 350 °C [6]. The catalytic phenomenon in the FT reaction leads to the formation of different Fe species during the process, including iron oxides and iron carbides such as Fe_3C , Fe_5C_2 ,

Fe_3C_7 , and Fe_3C_9 , among others [7, 8]. Regarding the production of Fe-based catalysts, they are often obtained from commercial salts containing the active phase (for example, iron sulfates such as $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ or iron nitrates such as $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) by means of impregnation and precipitation processes, using as support solids such as Al_2O_3 , SiO_2 or zeolites [9]. Carbon-based supports such as nanotubes, nanofibers, microporous carbons, and activated carbon are also used. Carbonaceous supports are desirable, because the use of metallic supports can allow unwanted Fe-metal interactions, thus facilitating the formation of oxides that are difficult to reduce and that affect the activity of the catalyst [10]. Among the different carbon-based supports, activated carbon stands out for its mechanical resistance, thermal stability, high surface area and microporous–mesoporous structure [11–13]. On the negative side, obtaining activated carbon from mineral coal can be economically and environmentally unfavorable. For this reason, various investigations have focused on obtaining activated carbon from alternative sources such as residual rubber extracted from tires at the end of their life cycle, among others [14].

In that sense, when there are not adequate final disposal policies for disused tires, they can generate serious environmental and even public health problems [15]. In countries such as the US, the generation of this waste is around

✉ Sebastian Amar-Gil
sebastian.amar@udea.edu.co

¹ Grupo CERES, Agronomía e Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, 050030 Medellín, Colombia

² Research Group in Environmental Catalysis and Renewable Energies, Facultad de Ciencias Básicas Sociales y Humanas, Politécnico Colombiano Jaime Escobar Caballero, Apartado Aéreo 49-22, 050030 Medellín, Colombia

Obtaining and characterization of catalytic materials from waste tires for the Fischer–Tropsch process. Journal of Material Cycles and Waste Management, 25, pages 1325–1332 (2023). Amar-Gil, S., Ardila-Arias, A. N., & Barrera-Zapata, R.

[Ver artículo](#)



Obtención y caracterización de sulfato de hierro (II) heptahidratado a partir de alambre de acero proveniente de llantas residuales

Obtaining and characterization of iron (II) sulfate heptahydrate from steel wire derived from waste tires

Sebastián Amar Gil¹ · Alba Ardila Arias² · Rolando Barrera Zapata¹
FUNDACIÓN COLIBRIANA Jaime Escobar Caballero, Colombia
Universidad de Antioquia, Colombia

OPEN ACCESS

Recibido: 16/07/2022
Aceptado: 11/01/2023
Publicado: 16/01/2024

Correspondencia de autor:
sebastian.amar@udea.edu.co



Copyright 2023
by Investigación e
Innovación en Ingenierías

Resumen

Objetivo: Estudiar el aprovechamiento de alambre de acero residual de llantas en desuso para la obtención de sulfato de hierro heptahidratado. **Metodología:** El proceso consistió en la disolución ácida de las fibras de acero residual con ácido sulfúrico comercial y la posterior síntesis de los cristales de sulfato de hierro utilizando etanol como agente secante. **Resultados:** La sal obtenida presentó humedad del 44% y estado de hidratación cercano a 7 H₂O. Mediante análisis FTIR se evidenció en la sal la presencia de bandas características de absorción entre 900–1300 cm⁻¹, 1500–1700 cm⁻¹ y 3100–3500 cm⁻¹ correspondientes a los grupos SO₄²⁻, NO₂⁻ y OH, respectivamente. Por otro lado, la sal sintetizada presentó alto contenido en Fe (20%) y trazas de metales como Mn, Ni y Zn, atribuidos a la composición del alambre de acero de las llantas. **Conclusiones:** De acuerdo con los resultados, se logró evidenciar que la sal sintetizada presenta propiedades similares a un sulfato de hierro heptahidratado comercial, cuya obtención a partir de llantas en desuso no se encuentra reportada. Por tal razón, la presente contribución representa una alternativa potencial para la valorización de llantas residuales.

Palabras clave: Sulfato de hierro heptahidratado, Acero residual, Llantas usadas, Valorización de residuos.

Abstract

Objective: To study the utilization of residual steel wire from disused tires to obtain iron sulfate heptahydrate. **Methodology:** The process consisted of the acid dissolution of the residual steel fibers with commercial sulfuric acid and the subsequent synthesis of iron sulfate crystals using ethanol as a drying agent. **Results:** The salt obtained had a moisture content of 44% and a hydration state close to 7 H₂O. FTIR analysis showed the presence of characteristic absorption bands between 900–1300 cm⁻¹, 1500–1700 cm⁻¹ and 3100–3500 cm⁻¹ corresponding to SO₄²⁻, NO₂⁻ and OH groups, respectively. Furthermore, the synthesized salt presented high Fe content (20%) and traces of metals such as Mn, Ni, and Zn, attributed to the composition of the steel wire of the tires. **Conclusions:** According to the results, it was possible to demonstrate that the synthesized salt has properties similar to a commercial iron sulfate heptahydrate, whose production from disused tires has not been reported. Therefore, this contribution represents a potential alternative for the valorization of used tires.

Keywords: Iron sulfate heptahydrate, Residual steel, used tires, Waste valorization.

Como citar (IEEE): S. Amar-Gil, A. Ardila-Arias, y R. Barrera-Zapata. "Obtención y caracterización de sulfato de hierro (II) heptahidratado a partir de alambre de acero proveniente de llantas residuales". Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 12, n° 1, 13-21, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10143-023-0195-1

Obtención y caracterización de sulfato de hierro (II) heptahidratado a partir de alambre de acero proveniente de llantas residuales. Sebastian Amar-Gil, Alba Nelly Ardila Arias, Rolando Barrera Zapata. Revista Investigación e Innovación en Ingenierías. Vol. 12, N° 1, 13-21, 2024

[Ver artículo](#)

CONCLUSIÓN

La valorización de llantas no solo aborda un problema ambiental crítico, sino que también abre nuevas oportunidades económicas y tecnológicas y que desde nuestro grupo de investigación CAMER hemos podido aportar a la valorización de los residuos de llantas en las siguientes aplicaciones:

- Desarrollo tecnológico
- Desarrollo de materiales
- Remediación ambiental
- Enfoque de economía circular

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) por la financiación del proyecto de investigación "Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular.", código 82312, aprobado en el marco de la Convocatoria No. 890 de 2020. Convocatoria para el fortalecimiento de CTel en Instituciones de Educación Superior (IES) Públicas 2020".



REFERENCIAS

- Ardila A., A. N., & Arriola Villaseñor, E. (2017). Efecto de la quema de llantas en la calidad del agua de un tramo de la quebrada Piedras Blancas. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(5), 39-55. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-03>
- Amar Gil, S., Ardila A., A. N., & Barrera Zapata, R. (2019). Simulación y obtención de combustibles sintéticos a partir de la pirolisis de residuos plásticos. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, Universidad del Norte, 37(2). <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.1285>
- Sebastián Amar Gil. (2021). Tesis: Valorización de llantas mediante pirólisis y aplicaciones en construcción. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.
- Amar-Gil, S., Ardila-Arias, A. N., & Barrera-Zapata, R. (2023). Obtaining and characterization of catalytic materials from waste tires for the Fischer-Tropsch process. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25, 1325-1332. <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01591-1>
- Amar-Gil, S., Ardila-Arias, A. N., & Barrera-Zapata, R. (2024). Obtención y caracterización de sulfato de hierro (II) heptahidratado a partir de alambre de acero proveniente de llantas residuales. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 12(1), 13-21. <https://doi.org/10.17081/invinno.11.2.6717>