

---

# POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS NEUMÁTICOS FUERA DE USO RECOLECTADOS EN EL MUNICIPIO DE MANAGUA

## Larios, Gerson

Universidad Nacional de Ingeniería  
Managua, Nicaragua  
gerson.larios738@std.uni.edu.ni

## López, Yasser

Universidad Nacional de Ingeniería  
Managua, Nicaragua  
yasser.lopez842@std.uni.edu.ni

## Blanco, Johana

Universidad Nacional de Ingeniería  
Managua, Nicaragua  
johanna.blanco@fti.uni.edu.ni

## Abstract

Out of Use Tires (OUT) in Managua represent 52% of the total generated in Nicaragua, which corresponds to 1,938,522 units generated in the year 2022. These Tires come from buses, cars, trucks, trucks, vans, minibuses, motorcycles, among others, according to the Transportation statistical yearbook of the country's Ministry of Transportation and Infrastructure. The treatment of this waste is based on different methods such as incineration, pyrolysis, recycling of rubber and other components, among others. These wastes have energy potential that can be transformed into new energy sources. To determine the energy potential, this study analyzed the calorific value of the tires after different tests in a calorimeter, obtaining an average value of 32,163,717 kJ/kg (7,682,172 Kcal/kg). Depending on the mass of the different tire sizes, their quantity and their calorific value, an energy potential of 491,788,316 GJ/year is obtained. This energy potential could be used as thermal energy or electrical energy, the latter representing 1.22% of the country's annual demand for diesel-based thermal generation, with ideal efficiency.

**Keywords:** tires, solid waste, energy potential, calorific value, calorimetry.

## Resumen

Los Neumáticos Fuera de Uso (NFU) en Managua representan el 52% del total generado en Nicaragua lo cual corresponde a 1,938,522 unidades generados en el año 2022. Estos

Neumáticos provienen de autobuses, automóviles, cabezales, camiones, camionetas, furgonetas, microbuses, motocicletas, entre otros, según el anuario estadístico de Transporte del Ministerio de Transporte e Infraestructura del país. El tratamiento de estos residuos está basado en diferentes métodos como la incineración, la pirolisis, el reciclaje del caucho y demás componentes, entre otros. Estos residuos tienen potencial energético que se pueden transformar en aprovechamiento de nuevas fuentes de energía. Para la determinación del potencial energético este estudio analizó el poder calorífico de los neumáticos tras distintas pruebas en un calorímetro, obteniendo un valor medio de 32,163.717 kJ/kg (7,682.172 Kcal/kg). Según la masa de los diferentes tamaños de neumáticos, la cantidad de estos y el poder calorífico, se obtiene un potencial energético de 491,788.316 GJ/año. Ese potencial energético se podría utilizar como energía térmica o energía eléctrica, siendo esta última representaría el 1.22% de la demanda anual del país de la generación térmica a base de diésel, con una eficiencia ideal.

**Palabras claves:** neumáticos, residuos sólidos, potencial energético, poder calorífico, calorimetría.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Neumáticos Fuera de Uso (NFU) son un tipo de desecho prácticamente indestructible durante el paso del tiempo, ya que sus componentes están diseñados para resistir duras condiciones de uso, por lo que se dificulta su tratamiento. Finalizada la vida útil, los neumáticos se convierten en desechos, y la utilización masiva se ha convertido en un problema al momento de eliminarlos. El almacenamiento es complicado debido a que por sí solo los NFU no se degradan fácilmente, son de difícil compactación, son refugio ideal de insectos y roedores, acumulan gases y lixiviados frecuentes en los basureros; además no permite recuperar materia ni energía, ocupan gran volumen de espacio y contaminan el medio ambiente [1].

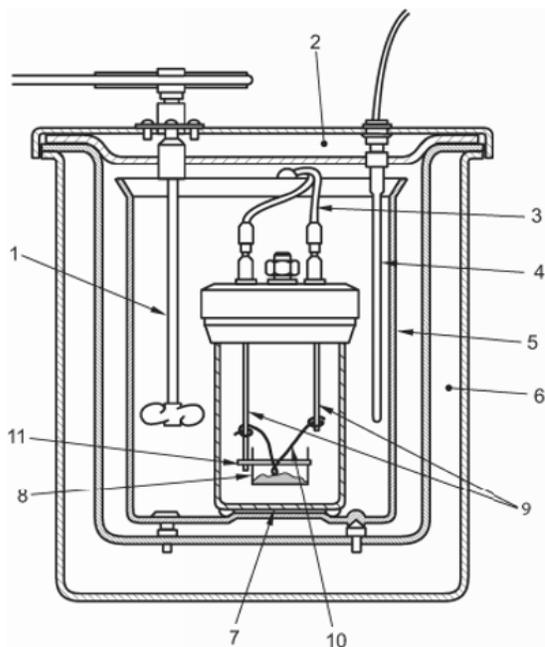
La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 05 014-02 [2] menciona que “no se permite arrojar desechos, de cualquier tipo, en vías públicas, parques y áreas de esparcimiento colectivo” y además “no se permite la quema de desechos sólidos no peligrosos, bajo ninguna circunstancia” por lo que se debe buscar una alternativa que permita tratar estos residuos sólidos. En este caso específicamente el aprovechamiento del potencial energético de los NFU es una de las alternativas para utilización de otras fuentes de energía.

El neumático está compuesto por una parte orgánica, formada por caucho vulcanizado derivado de ciertos tipos de árboles tropicales y otros aditivos, así como textil, además de

otra parte inorgánica, formada por un entramado metálico y caucho sintético derivado del petróleo, negro de carbono, azufre, zinc, y otros. La parte metálica es fácilmente recuperable y reciclada en forma de chatarra. Por otro lado, la parte del caucho presenta un elevado potencial energético y químico. Aproximadamente la mitad de la masa del neumático es caucho, tanto natural como sintético [3][4].

El potencial energético es el producto del poder calorífico, este último representa la cantidad de energía interna o entalpía desprendida, por unidad de masa de un cuerpo [5]. El poder calorífico se obtiene por calorimetría a volumen constante donde ocurre un proceso de combustión el cual libera energía térmica. La calorimetría es realizada mediante un dispositivo llamado calorímetro, mostrado en la figura 1, el cual consta de una bomba calorimétrica donde se realiza la combustión además de un vaso calorimétrico para que se realice la transferencia de calor al agua que este contiene y es ahí donde se mide la variación de temperatura [6].

Figura 1: Partes del Calorímetro [7]



1. Agitador
2. Tapa del depósito aislado
3. Cables de ignición
4. Dispositivo de medición de la temperatura
5. Vaso calorimétrico
6. Depósito aislado
7. Bomba calorimétrica
8. Crisol
9. Electrodo
10. Cable de encendido
11. Apovo de crisol.

## 2. MÉTODO

### A. Proyección de los neumáticos fuera de uso (NFU)

Para estimar la cantidad de NFU se ha realizado en base a la proyección del Parque Vehicular (PV) de Managua, según datos de INIDES y MTI [8], con un porcentaje promedio al año 2022

del 8% de crecimiento según el comportamiento de la base de datos desde el año 2011 al 2021. Para esta proyección se tomó en cuenta la vida útil de los neumáticos [9], el peso de los neumáticos y el porcentaje de composición de caucho que tienen los neumáticos según el tipo de vehículo [3][4].

$$r = \frac{(PV_i - PV_0)}{PV_0}$$

Donde:

r: tasa de crecimiento del parque vehicular (%)

PV<sub>i</sub>: Parque Vehicular del año final

PV<sub>0</sub>: Parque Vehicular del año inicial

## B. Calorimetría a volumen constante.

Para el procedimiento de cálculo de poder calorífico primero se pesa la muestra del caucho extraído del neumático, luego se coloca en el crisol con el hilo de ignición para introducirlo en el depósito de la bomba calorimétrica junto con el oxígeno. Posteriormente se colocará el agua en la cámara del vaso calorimétrico donde se introduce la bomba calorimétrica debidamente tapada. Finalmente se coloca en el depósito aislado, en este momento se enciende la ignición generando la combustión, el calor será transmitido al a todas las partes del calorímetro y por ende al agua por medio de convección forzado debido al agitador. La temperatura del agua es medida y esta se utiliza en la ecuación termodinámica de transferencia de energía interna del proceso a volumen constante.

Para calcular el potencial energético se basa en la primera ley de la termodinámica, realizando un balance de energía, asumiendo que la variación total de energía por medio de la reacción de combustión será igual al calor total generado en la combustión, tras el desarrollo del balance se determina que poder calorífico será:

$$\Delta U = \frac{(C_v * \Delta T) - (m_{Fe} * \Delta U_{Fe})}{m_{caucho}}$$

Donde:

$\Delta U$ : poder calorífico de la muestra (KJ/g)

$C_v$ : capacidad térmica del calorímetro (KJ/°C)

$\Delta T$ : variación de temperatura (°C)

$m_{Fe}$ : Masa del hilo del hierro combustionado (g)

$\Delta U_{Fe}$ : Calor de combustión del hilo de hierro (KJ/g)

$m_{caucho}$ : Masa de la muestra combustionada (g)

### C. Determinación del potencial energético.

Para la calcular el potencial energético se resume en la siguiente ecuación:

$$PE = m_c PC$$

Donde:

$PE$ : Potencial energético (GJ/año)

$m_c$ : masa del caucho generada por día (kg/año).

$PC$ : poder calorífico del caucho

El potencial energético al año de los NFU representa la energía eléctrica generada a partir de la generación térmica de estos, siendo esta comparada con la demanda eléctrica nacional según el Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) de Nicaragua en el año 2022 [10].

## 3.RESULTADOS

La proyección mostrada en la tabla 1 del total de NFU de la municipalidad de Managua en el año 2022 es de 1,938,522 unidades, siendo 15,300,390 kg de masa total del caucho de los NFU en ese año.

Tabla 1: Cálculo de la masa de los neumáticos

Tipo de vehículo	Parque Vehicular Año 2022	No. Neumáticos/vehículo	No. NFU	Masa Unitaria neumático (Kg)	Masa unitaria caucho (Kg)	Masa caucho NFU (Kg)
Autobuses	4336	26017	26017	52.67	25.2816	657756
Automóvil	132926	531706	265853	5.91	2.8368	754171
Cabecal	7993	143875	143875	52.67	25.2816	3637401
Camión	31154	311537	311537	52.67	25.2816	7876149
Camioneta	110978	443910	221955	13.15	6.312	1400981
Furgoneta	5346	32076	16038	5.91	2.8368	45497
Microbús	8443	50661	50661	5.91	2.8368	143714
Motocicleta	199370	398740	398740	4.1	1.968	784721
TOTAL	513881	1938522	1434676	193	93	15300390

Este estudio analizó el poder calorífico de neumáticos tras distintas pruebas en una bomba calorimétrica, obteniendo un valor medio de 32,163.717 kJ/g (7,682.172 Kcal/kg). Según la masa de los diferentes tamaños de neumáticos, la cantidad total de caucho y el poder calorífico se obtiene un potencial energético de 491,788.316 GJ/año.

El potencial energético al año de los NFU comparado con la demanda eléctrica nacional de generación térmica a base de diésel según el Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) en el año 2022 se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2: generación de energía eléctrica nacional nicaragüense**

Térmico diésel	11236.04	MWH
Proyección térmica NFU	136.60797	

## 4. CONCLUSIONES

El potencial energético de los NFU se podría utilizar como energía térmica o energía eléctrica, siendo esta última representaría el 1.22% de la demanda anual del país de la generación térmica a base de diésel según Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) en el año 2022, asumiendo una eficiencia ideal. Otra forma de aprovechamiento es el proceso de la pirolisis para obtener combustible alternativo para generación de energía eléctrica u otros usos.

## REFERENCIAS

- [1] A. Veses, “Producción y caracterización de combustibles líquidos a partir de la co-pirólisis de biomasa y neumáticos fuera de uso” Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad de Zaragoza, Mayo 2012.
- [2] Comité Técnico, NORMA TÉCNICA AMBIENTAL PARA EL MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO-PELIGROSOS (2002), Managua Nicaragua.
- [3] L. Bockstal, T. Berchem, Q. Schmetz, Devulcanisation and reclaiming of tires and rubber by physical and chemical processes: A review. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117574. [2019]
- [4] López, F., Centeno, T. Á., & Alguacil, F. J. Aprovechamiento energético de residuos: el caso de los neumáticos fuera de uso. *Año internacional de la energía sostenible para todos*. [2012]
- [5] Cengel, Y. A. *Transferencia de Calor y masa* (2da ed.). McGraw Hill. [2007]
- [6] Susana Juanto, J. S. . Bomba Calorimétrica: reconstrucción de un equipo. vol. 31. *Revista de Enseñanza de la Física*, 425, [2019].
- [7] Juanto, S., Stei, J., Prodanoff, F., & Yalet, N. M. Bomba Calorimétrica: reconstrucción de un equipo. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 425-431, [2019].
- [8] Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). “Anuario estadístico 2021” Managua, Nicaragua. [2022]
- [9] Meléndez Cabrera, H. H. Estudio de pre-factibilidad para la instalación de planta de reciclaje de neumáticos fuera de uso NFU en el municipio de Managua (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Ingeniería). [2019]
- [10] Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) “Informe de Operación del SIN (Sistema Interconectado Nacional)” Nicaragua, p. 12 [2022]. <https://www.cndc.org.ni/>

## AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.