



**FACULTAD INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ D.C.**

**LICENCIA CREATIVE COMMONS:** Atribución no comercial.

**AÑO DE ELABORACIÓN:** 2018

**TÍTULO:** Sistema de control automático para el reconocimiento y clasificación de residuos reciclables (plástico, vidrio, papel y metal) para un punto ecológico.

**AUTOR (ES):** Caldas Vega, Jorge Armando y Diaz Colorado, Cristian Fabian.

**DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES):** Cuarán Valenzuela, José Roberto

**MODALIDAD:** Trabajo de investigación tecnológica.

**PÁGINAS:** 89 **TABLAS:** 5 **CUADROS:** 13 **FIGURAS:** 44 **ANEXOS:** 3

**CONTENIDO:**

INTRODUCCIÓN

- 1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA
- 2 OBJETIVOS
- 3 JUSTIFICACIÓN
- 4 ANTECEDENTES
- 5 MARCO TEÓRICO
- 6 METODOLOGÍA
- 7 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN
- 8 DISEÑO
- 9 IMPLEMENTACIÓN
- 10 PRUEBAS DEL PROTOTIPO
- 11 CONCLUSIONES
- 12 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS
- 13 BIBLIOGRAFÍA
- 14 ANEXOS



## **DESCRIPCIÓN:**

En el presente trabajo de grado se realiza el análisis, diseño, implementación y pruebas de un sistema de control automático para el reconocimiento y clasificación de residuos sólidos reciclables (plástico, vidrio, papel y metal) en presentación de envases. Este trabajo de grado tiene como objetivo automatizar el proceso de separación de residuos en la fuente.

**METODOLOGÍA:** En primer lugar, se realiza el análisis del proceso de separación en fuente manual existente, paralelo a esto se analizan las diferentes tecnologías para el reconocimiento de los diferentes materiales encontrados en los residuos sólidos. En segundo lugar, se realiza el diseño estructural y lógico del sistema mediante el modelamiento 3D, diagramas de flujo y P&ID. En tercer lugar, se realiza la implementación del sistema de control utilizando como controlador Arduino. Finalmente se realizaron pruebas de potencia y eficacia del sistema.

**PALABRAS CLAVE:** CONTROL, AUTOMATIZACIÓN, SEPARACIÓN EN FUENTE, RESIDUOS RECICLABLES

## **CONCLUSIONES:**

Se identificaron las diferentes tecnologías para el reconocimiento de materiales reciclables mediante el uso de sensores, muchas de las cuales son utilizadas en grandes centros de gestión de residuos municipales, de estas, se concluyó que, con el uso de sensores inductivos, capacitivos y de peso se logra caracterizar los diferentes materiales de residuos propuestos para la identificación.

De acuerdo a la observación realizada al comportamiento de uso de los puntos ecológicos, se limitó el universo de residuos a envases de bebidas personales ya que las numerosas presentaciones de residuos reciclables imposibilitaban realizar un diseño que lograran la identificación de del tipo de material, también, en la presentación de envases personales se encuentran los diferentes tipos de material propuestos para la identificación tales como vidrio, plástico, metal y papel.

Se diseñaron las diferentes interfaces del sistema como su estructura, sus lazos de control, su lógica y su parte electrónica. Este proceso fue de gran importancia ya que en esta etapa se definieron los sensores y actuadores que acompañan al



proceso de identificación de los residuos reciclables y posteriormente la fuente de alimentación para todo el sistema.

Se implementó el prototipo del sistema de control automático para la identificación y clasificación de los residuos. De este se concluye que la actividad de separación en la fuente puede hacerse de manera automática pero aún se depende del compromiso de los usuarios para lograr mejores resultados en la separación de residuos.

De las pruebas realizadas al sistema de control se concluyó que el consumo generado es muy mínimo, similar a una bombilla led. Para las pruebas con los diferentes tipos de materiales se logró concluir que el sistema logra una eficacia del 87%, pero ese porcentaje está ligado al buen uso del sistema.

#### **FUENTES:**

24HORAS. Creadores: Proyecto Basurero inteligente [en línea] <<https://bit.ly/2vTt7fh>> [citado en 25 de marzo de 2018].

ALONSO, German, Motores Servo, [en línea] <<http://arduino.bot.pbworks.com/w/page/10175781/Motores%20Servo>>

BAXTER, L.K. Capacitive Sensing Technology. [En línea] <<https://bit.ly/2xfUMaW>>

CARACOL RADIO. En Colombia solo se recicla en 17% de las basuras [en línea] <<https://bit.ly/2qjSBxB>> [citado en 15 de septiembre de 2018]

CATORCE6. OEA destaca prototipo de canecas inteligentes en Colombia [en línea] <<https://bit.ly/2N0UwSN>> [citado en 25 de marzo de 2018].

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. DECRETO 2981 (20, diciembre, 2013). Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Art. 27.

CONTRALORÍA DE BOGOTÁ. Procedimiento manejo integral de residuos [en línea] <<http://cuon.io/UMAfR>> [citado en 15 de septiembre de 2018].

CORONA, Leonel, ABARCA, Griselda, CARREÑO, Jesús. Sensores y Actuadores aplicaciones con Arduino. México: Grupo editorial Patria, 2014.

DANERI, Pablo A., PLC: automatización y control industrial, Editorial Hispano Americana HASA, 2008. ProQuest Ebook Central, [en línea]



<<http://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucatolicasp/detail.action?docID=3183744>>

DAUD, Mohd. BAHRI, Zol. Optimum identification method of sorting green household waste. En: MATEC Web of Conferences [base de datos en línea].78 (2016). [Citado en 17 de septiembre de 2018] disponible en proquest.

GARCÍA, Antony, ¿Qué es y cómo funciona un servomotor?, 2016, [en línea] <<http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>>

GRANDA, Mercedes, MEDIAVILLA Elena. Instrumentación y Electrónica: Transductores y Acondicionadores de Señal. España: Universidad de Cantabria, 2015, P.353. [En línea] < <https://bit.ly/2TwXjHi>>

GUNDUPALLI, Sathish. HAIT, Subrata. THAKUR, Atul. A review on automated sorting of source-separated municipal solid waste for recycling. En: Waste management [base de datos en línea]. 60 (2017). [Citado en 31 de julio de 2018] disponible en sciencedirect.

IRESIDUO. Nueva planta automatizada para el reciclaje de residuos sólidos urbanos [en línea] <<https://bit.ly/2OMB5T5J>> [citado en 01 de abril de 2018].

JENNINGS, S. (2002). Motores paso a paso. Informador Técnico, 65. [En línea] < <https://bit.ly/2PMbERN>>

KARACA, Ali. ERTÜRK, Alp. GÜLLÜ, Kemal. ELMAS, M. ERTÜRK, Sarp. "Automatic waste sorting using shortwave infrared hyperspectral imaging system," 2013 5th Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS), Gainesville, FL, 2013.

LUND, Herbert F, et al. Manual McGraw-Hill de reciclaje. Madrid: McGraw Hill, c1996. 1 v. Manuales McGraw-Hill de ingeniería y ciencia. ISBN 9788448105839.

MÉNDEZ, Adrián. Plastics Technology Mexico, Departamento de Procesos de Transformación, Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), 2018. [En línea] < <https://bit.ly/2Q8onxG> >

NEW WAVE CONCEPTS. Tutorials and Courseware [en línea] < [https://www.new-wave-concepts.com/ed/pw\\_tutor.html](https://www.new-wave-concepts.com/ed/pw_tutor.html)> [citado en 15 de septiembre de 2018]

**RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN  
- RAE -**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia  
Vigilada Mineducación

RIUCaC

PALLAS, Ramon. Sensores y acondicionadores de señal. Barcelona (España): Marcombo S.A, 2003.

PINILLA, Liliana. Estrategias que logren cambio de comportamientos de las personas que integran una empresa, frente a la clasificación de residuos sólidos. Magíster en Gestión Ambiental. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios ambientales y rurales, 2014.

PÉREZ, Edwin. ARÉVALO, Miguel. LANCHEROS, Diana. Diseño y desarrollo de un sensor para el reconocimiento de materiales a través de la Capacitancia. En: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN (4: 2015: Bogotá). Memorias del IV congreso internacional de ingeniería mecatrónica y automatización. 2015.

SEMANA SOSTENIBILIDAD. Bogotá es una de las ciudades que peor maneja su basura [en línea] < <https://bit.ly/2ONWJ53> > [citado en 15 de septiembre de 2018]

SIPSE. Niña Genio inventa un 'basurero para reciclaje automático selectivo' [en línea] <<https://bit.ly/2MrJJ8h>> [citado en 20 de agosto de 2018].

SOSA, Javier, Galgas Extensiométricas – Strain Gages 1, Buenos Aires, Argentina, UNLP, [en línea] < <https://bit.ly/2BnxYby> >

STEEMIT. La Pirámide de Automatización [en línea] <<https://steemit.com/spanish/@autinf/la-piramide-de-automatizacion>>

VALCÁRCEL, Miguel. Automatización y Miniaturización en Química Analítica. Springer Science & Business Media, 2000. [En línea] <https://bit.ly/2F3efSD>

**LISTA DE ANEXOS:**

Anexo A. Resumen de tecnologías para la clasificación de residuos.

Anexo B. Diseño electrónico.

Anexo C. Código fuente.