



# INGENIERÍA

Y D E S A R R O L L O

Volumen 36, n.º 2, julio-diciembre de 2018  
Barranquilla (Colombia)

---

ISSN: 0122-3461 (*impreso*)  
2145-9371 (*online*)



Disponible *online* en:  
<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria>

---

INGENIERÍA Y DESARROLLO es una publicación semestral de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte que pone al alcance de los sectores académico y productivo los desarrollos científicos y tecnológicos en las áreas de las ingenierías.

Está incluida en:

- Index Nacional de Publicaciones Seriadadas Científicas y Tecnológicas de Colciencias –Publindex–, **Categoría A2** (<http://www.colciencias.gov.co/scienti/publindex/>).
- Scielo: Scientific Electronic Library Online ([www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)).
- Inspec: Base de datos bibliográfica administrada por The Institution of Engineering and Technology - IET (<http://www.theiet.org/publishing/inspec/>).
- Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal ([www.latindex.unam.mx](http://www.latindex.unam.mx)).
- Index Copernicus International ([www.indexcopernicus.com](http://www.indexcopernicus.com))
- Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (<http://redalyc.uaemex.mx/>).
- Base de datos EBSCO.
- Directorio Ulrichs.

Se autoriza la reproducción total o parcial de su contenido siempre y cuando se cite la fuente. Los conceptos expresados son de responsabilidad exclusiva de sus autores.

Contacto con el equipo editorial:

[ingydes@uninorte.edu.co](mailto:ingydes@uninorte.edu.co)

[ingydesa@gmail.com](mailto:ingydesa@gmail.com)

Teléfono: 57 (5) 3509 268

Guía para autores:

<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/about/submissions#authorGuidelines>



[www.uninorte.edu.co](http://www.uninorte.edu.co)

Km 5 vía a Puerto Colombia

A. A. 1569, Barranquilla (Colombia)

EDITORIAL UNIVERSIDAD DEL NORTE

*Coordinación editorial*

Zoila Sotomayor O.

*Diagramación*

Álvaro Carrillo Barraza

*Procesos técnicos*

Munir Kharfan de los Reyes

*Diseño de portada*

Camilo Umaña

*Corrección de textos*

Henry Stein

*Colaboración técnica*

Olga Gómez

*Asistente de producción intelectual*

Marcela Villegas Gallego

*Asistente de edición electrónica*

José David Polo

**Rector**

Jesús Ferro Bayona

**Decano División de Ingenierías**

Javier Páez Saavedra

**Editora**

Lucy García, Ph. D.

**Asistente editorial**

José Santiago

**Comité Editorial**

*Universidad del Norte (Colombia)*

Víctor Cantillo, Ph. D.

*University of Pittsburgh*

*(Estados Unidos)*

George E. Klinzing, Ph. D.

*Instituto de Microelectrónica de*

*Barcelona (España)*

Humberto Campanella, Ph. D.

*Pontificia Universidad Católica de Chile*

Miguel Nussbaum Voehl , Ph. D.

Juan de Dios Ortúzar , Ph. D.

**Comité Científico**

*Universidad de Burgos (España)*

Joaquín Antonio Pacheco Bonrostro, Ph. D.

*University of Virginia (Estados Unidos)*

Alfredo García, Ph. D.

*Universidad Politécnica de Valencia (España)*

Ginés Benet Gilabert, Ph. D.

Alberto Bouzas, Ph. D.

*Universidad de Castilla-La Mancha (España)*

Magín Lapuerta Amigo, Ph. D.

*Instituto Tecnológico de Monterrey (México)*

José Luis González Velarde, Ph. D.

*Universidad del Norte (Colombia)*

Antonio Bula Silvera, Ph. D.

Eduardo Zurek, Ph. D.

*Universitat Jaume I (UJI), España*

Antonio Gallardo, Ph. D.

*Universidad de La Sabana (Colombia)*

Jairo Montoya, Ph. D.

*Rensselaer Polytechnic Institute*

*(Estados Unidos)*

José Holguín-Veras, Ph. D.

**Editorial** ..... vii

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLES

**Extracción y recuperación de sulfuros de aguas residuales de curtiembres** ..... 285  
*Extraction and recovery of sulphides from tanneries wastewater*  
 Nidia Elena Ortiz Penagos  
 Jénnifer Ayala Esquivel  
 Andrea Juliana León Luque  
 Laura Camila Mahecha Cepeda  
*Universidad Santo Tomás (Colombia)*

**Análisis de requisitos para dispositivos de localización vehicular seguros para sistemas de transporte público terrestre en Colombia**..... 298  
*Analysis of requirements for secure automated vehicle location devices for public transportation systems in Colombia*  
 Santiago Morales  
 César Pedraza  
 Felipe Restrepo-Calle  
 Félix Vega  
 Víctor Bastidas  
*Universidad Nacional de Colombia*

**Influencia del tipo de electrodo sobre la microestructura y el coeficiente de rozamiento obtenido por ensayo de deslizamiento a recubrimientos duros depositados por soldadura SMAW**..... 327  
*Influence of the type of electrode on the microstructure and coefficient of friction obtained by sliding test to hard coatings deposited by welding SMAW*  
 Jaime Andrés Pérez-Cepeda  
 Jhon Jairo Olaya-Flórez  
*Universidad Nacional de Colombia*

**Optimización topológica con el empleo de la metaheurística de enjambre de partículas** .....343  
*Topological optimization using particles swarm metaheuristic*  
 Carlos Millán-Páramo  
 Euriel Millán-Romero  
*Universidad de Sucre (Colombia)*

<p><b>Evaluación cuantitativa de riesgo microbiano para consumidores de culturas irrigadas con aguas residuales de la PTAR de Ilha Solteira (SP) .....</b></p> <p><i>Quantitative microbial risk assessment for crops irrigated with wastewater from the WWTP of Ilha Solteira (SP)</i></p> <p>Mario Tauzene Afonso Matangue  Instituto Superior Politécnico de Gaza-Mozambique</p> <p>Larissa Candian Ferreira  Universidade Federal de Viçosa</p> <p>Iván Andrés Sánchez Ortiz  Universidad de Nariño (Colombia)</p>	<p>359</p>
<p><b>Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos.....</b></p> <p><i>Experimental study of Colombian volcanic ash soil classification in the Colombian southwest with SUCS, AASHTO method and a new classification method</i></p> <p>Cristian Camilo Guerrero  Lucio Gerardo Cruz Velasco  Universidad del Cauca (Colombia)</p>	<p>378</p>
<p><b>Caracterización termogravimétrica de carbonizados de residuos provenientes de la uva Isabella (<i>Vitis labrusca</i>).....</b></p> <p><i>Thermogravimetric characterization of chars of waste from Isabella grape (<i>Vitis labrusca</i>)</i></p> <p>Ángela Viviana Ruales Salcedo  Andrés Felipe Rojas González  Universidad Nacional de Colombia (Manizales)</p> <p>Juan Manuel Barraza Burgos  Universidad del Valle (Colombia)</p>	<p>398</p>
<p><b>Inteligencia artificial para determinar si el empleo de gas natural licuado en el short sea shipping es una apuesta social .....</b></p> <p><i>Artificial intelligence to determine if liquified natural gas in short sea shipping is a social bet</i></p> <p>Beatriz Molina Serrano  Nicoleta González Cancelas  Universidad Politécnica de Madrid (España)</p> <p>Francisco Soler Flores  Universidad Internacional de La Rioja (España)</p>	<p>418</p>

**Análisis de deflexiones y asentamientos en excavaciones profundas a cielo abierto en suelos blandos de Bogotá..... 437**

*Analysis of deflections and settlements in deep excavations on soft soils of Bogotá*  
Rubby Vanesa Ballesteros Granados  
*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*  
Carlos Javier Sainea Vargas  
*Universidad Nacional de Colombia*  
Luis Alberto Cáceres Cárdenas  
*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*

**Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón ..... 455**

*Statistical control for monitoring the process of cutting soap bars*  
Luis Esteban Romero Vega  
Luis Carlos Valdés Luna  
Jorge Guillermo Pastor de Moya  
Roberto José Herrera Acosta  
*Universidad del Atlántico (Colombia)*

**Sistemas de medición avanzada en Colombia: beneficios, retos y oportunidades ..... 469**

*Advanced metering infrastructure in Colombia: benefits, challenges and opportunities*  
Sandra Milena Téllez Gutiérrez  
Javier Rosero García  
*Universidad Nacional de Colombia*  
Renato Céspedes Gandarillas  
*RConsulting Group*

**ARTÍCULOS DE REVISIÓN / REVIEW ARTICLES**

**Aspectos relevantes de la movilidad y su relación con el medio ambiente en el Valle de Aburrá: una revisión..... 489**

*Relevant aspects of the mobility and its relation with environment in the Valle de Aburrá: a review*  
Beatriz Elena Pineda  
*Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, PCJIC*  
Claudia Helena Muñoz  
*Universidad de Antioquia*  
Harveth Gil  
*Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, PCJIC*