



# INGENIERÍA

Y D E S A R R O L L O

Volumen 34, n.º 1, enero-junio de 2016  
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 Seriadas 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*  
Luis Gabriel Vásquez M.

*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

*Asistentes de edición electrónica*  
Melissa Manjarrés  
Andrea Zapata

**Rector**

Jesús Ferro Bayona

**Decano División de Ingenierías**

Javier Páez Saavedra

**Editora**

Lucy García, Ph. D.

**Asistente editorial**

José Santiago

**Auxiliares de edición OJS**

David Tatis Posada

**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

**Estudio experimental de fallas en engranajes rectos por desalineación, excentricidad y diente roto..... 1**

*Experimental study on failures in spur gears caused by misalignment, eccentricity and broken teeth*

Anderson Herrera Delgado

Iván Jaimes Sánchez

Jabid Quiroga Méndez

*Universidad Industrial de Santander (Colombia)*

**Obtención de un concreto autocompactante empleando adiciones de escoria de carbón finamente molida..... 24**

*Obtaining a self-compacting concrete with finely ground coal slag*

Rafael A. Robayo

Pedro E. Matthey

Yimmy F. Silva

Silvio Delvasto

*Universidad del Valle (Colombia)*

**Oxidación a alta temperatura de un acero ASTM A335 P92 en contacto con una mezcla de sales de  $K_2SO_4$  - NaCl..... 44**

*High temperatures oxidation of ASTM A335 P92 steel in an molten salts of  $K_2SO_4$  - NaCl*

*High temperatures oxidation of ASTM A335 P92 steel in an molten salts of  $K_2SO_4$  - NaCl*

Jessica Rodríguez Pérez

Eduardo Santos Sánchez

Darío Yesid Peña Ballesteros

Anderson Sandoval Amador

*Universidad Industrial de Santander (Colombia)*

Hugo Armando Estupiñán Duran

*Universidad Nacional de Colombia*

**Algoritmo genético para solucionar el problema de dimensionamiento y programación de lotes con costos de alistamiento dependientes de la secuencia ..... 64**

*Genetic algorithm for solving the lot-sizing and scheduling problem with sequence dependent setup costs*

Iván Guillermo Peña-Arenas

*Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO (Colombia)*

Luis Francisco López-Castro

*Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Colombia)*

**Trihalometanos y arsénico en el agua de consumo en los municipios de Chinú y Corozal de Colombia: evaluación del riesgo a la salud..... 88**

*Trihalomethanes and arsenic in drinking water in Chinú and Corozal municipalities in Colombia: health risk assessment*

Miguel Enrique Hernández Cogollo

*Sistema de Universidades Estatales del Caribe, SUE-CARIBE, (Colombia)*

José Luis Marrugo Negrete

*Universidad de Córdoba (Colombia)*

**Estimación de la propagación eléctrica cerebral generada por la DBS en pacientes con enfermedad de Parkinson de la región sur-occidente de Colombia ..... 116**

*Estimation of brain electrical propagation generated by the DBS in patients with Parkinson's disease from South-west region of Colombia*

Hernán Darío Vargas Cardona

Mauricio Alexander Álvarez López

Álvaro Ángel Orozco

*Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia)*

**Análisis de funciones de desempeño para el ajuste de parámetros de un modelo migratorio colombiano..... 139**

*Analysis of performance functions for adjusting parameters of Colombian migration model*

Helbert Eduardo Espitia

Lizeth Paola Martínez

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)*

**Diagnóstico de un motor de imanes permanentes por medio del MEF..... 165**

*Diagnostic of a permanent magnet motor by means of FEM*

Juan Gabriel Osorio-Cucalón

Sindy Lorena Ramírez-Perdomo

*Universidad del Valle (Colombia)*

**Modelos del proceso de educación de requisitos: Un mapeo sistemático ..... 184**

*Models of requirements elicitation process: A systematic mapping*

Dante Carrizo

Cristian Ortiz

*Universidad de Atacama, UDA (Chile)*

**Simulación y validación de modelos de destilación por lotes usando Aspen Batch Modeler: recuperación de epóxido de limoneno ..... 204**

*Simulation and model-validation of batch distillation processes in Aspen Batch Modeler: Limonene epoxide distillation*

*Aspen Batch Modeler: Limonene epoxide distillation*

Rolando Barrera Zapata

Yeison Agudelo

*Universidad de Antioquia, UdeA (Colombia)*

**Transferibilidad geográfica de modelos de generación de viajes urbanos: comparación de modelos de regresión y tasas de viajes para algunas ciudades colombianas ..... 225**

*Geographic transferability of urban travel generation models:*

*Comparison of regression models and trip rates for some Colombian cities*

Luis Márquez

Milena Díaz

*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC*

Deisy Ortiz

*Universidad Central del Ecuador*

**Antena plana para aplicaciones en las bandas L1 y L2 de GPS ..... 248**

*Planar antenna for L1 and L2 GPS bands applications*

Carlos Arturo Suárez Fajardo

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)*

Johanna López Cárdenas

*Universidad Sergio Arboleda (Colombia)*

Gustavo Adolfo Puerto Leguizamón

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)*