



# INGENIERÍA

Y D E S A R R O L L O

Volumen 29, n.º 2, julio - diciembre de 2011  
Barranquilla, Colombia

---

ISSN: 0122-3461 (impreso)  
ISSN: 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. Periodicidad semestral.

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 ULRICH.

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.

Contactar 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. Fax: 575

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*

Ingrid C. Aleán M.

*Procesos técnicos*

Munir Kharfan de los Reyes

*Diseño de portada*

Camilo Umaña

*Corrección de textos*

Henry Stein

*Colaboración técnica*

José Fernando Gallego

*Asistente de producción intelectual*

Carolina Bula Fábregas

*Asistente de edición electrónica*

José Leonardo Santiago

**Impreso y hecho en Colombia**

Javegraf

Bogotá

*Printed and made in Colombia*

## **Rector**

Jesús Ferro Bayona

## **Decano División de Ingenierías**

Javier Páez Saavedra

## **Editora**

Lucy García, Ph. D.

## **Asistente editorial**

Samira García

Oscar Pupo

## **Comité Editorial**

*Universidad del Norte (Colombia)*

Víctor Cantillo, Ph. D.

José Daniel Soto Ortiz, M. Sc

Heriberto Maury, Ph. D.

*University of South Florida*

*(Estados Unidos)*

Carlos Smith, Ph. D.

*University of Pittsburgh*

*(Estados Unidos)*

George E. Klinsing, 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 Nacional de Antioquia (Colombia)*

John Ramiro Agudelo Santamaría, 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.

## Contenido

Editorial ..... vii

### ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLES

**Flujo de potencia óptimo reactivo descentralizado y coordinado en sistemas eléctricos de potencia multiárea** ..... 153

*Coordinated-Decentralized Optimal Reactive Power Flow in Multi-Area Electric Power Systems*

Julio César López Q.

*Universidad Estadual Paulista (Brasil)*

Jesús María López Lezama

*Universidad de Antioquia (Colombia)*

José Roberto Sanches Mantovani \*

*Universidad Estadual Paulista (Brasil)*

**Resistencia a la corrosión de recubrimientos electroquímicos de cromo y zinc mediante EIE** ..... 170

*Corrosion resistance of chromium and zinc platings by EIS*

Magda Marcela Torres Luque

*Universidad de los Andes (Colombia)*

Jhon Jairo Olaya Flórez

*Universidad Nacional de Colombia*

Hugo del Luján Ascolani

*Centro Atómico Bariloche (Argentina)*

**Nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, fase anatasa, sintetizadas por métodos químicos** ..... 186

*Nanoparticles of TiO<sub>2</sub>, anatase phase, synthesized by chemical methods*

Mónica Andrea Vargas Urbano

Yasser Halil Ochoa Muñoz

Yamileth Ortigón Fernández

Patricia Mosquera

Jorge Enrique Rodríguez Páez

*Universidad del Cauca (Colombia)*

Rubén Jesús Camargo Amado

*Universidad del Valle (Colombia)*

ARTÍCULO DE REFLEXIÓN / REFLEXION ARTICLE

**Evaluación del desempeño de diversos controladores avanzados aplicados a un robot manipulador tipo SCARA .....202**

*Evaluation of performance of some control strategies applied to a SCARA robot manipulator*

Elena Muñoz

Víctor Hugo Mosquera

Carlos Alberto Gaviria

Oscar Andrés Vivas

*Universidad del Cauca (Colombia)*

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

**Detección y diferenciación de exudados en retinografías a color .....224**

*Detection and Differentiation of Retinal exudates in Color Retinal Images*

Germán Sánchez Torres

Jorge Rudas Castaño

Ricardo Toscano Cuello

*Universidad del Magdalena (Colombia)*

ARTÍCULO DE REVISIÓN / REVIEW ARTICLE

**Hacia la próxima generación de sistemas de Radio sobre Fibra de banda ancha: retos tecnológicos en la banda de las ondas milimétricas.....242**

*Toward Next Generation Broadband Radio-over-Fiber Systems:*

*Technological Challenges in the Millimeters-Wave Band*

Jhon James Granada Torres

*Universidad Nacional de Colombia*

Claudia Milena Serpa Imbett

*Instituto Tecnológico Metropolitano (Colombia)*

Gloria Margarita Varón Durán

*Universidad Nacional de Colombia*

Neil Guerrero González

*Universidad de Antioquia (Colombia)*

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLES

**Traffic weigh-in-motion (WIM) measurements and validation  
of the Texas perpetual pavement structural design concept .....266**

*Mediciones con estaciones de pesaje de tráfico en movimiento y validación  
del concepto de diseño estructural de pavimentos perpetuos de Texas*

Lubinda F. Walubita, Wenting Liu, Tom Scullion

*Texas A&M University System (United States)*

Alex Eduardo Alvarez-Lugo, Yenis Margarita López-Esalas

*Universidad del Magdalena (Colombia)*

Geoffrey Simate

*University of the Witwatersand (South Africa).*

**Evaluación de los parámetros de las funciones de costo en  
la red estratégica de transporte de carga para Colombia.....286**

*Appraisal of cost function parameters in the strategic freight  
transportation network in Colombia*

Luis Gabriel Márquez Díaz

*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC*

Víctor Manuel Cantillo Maza

*Universidad del Norte (Colombia)*