

Revista  
**Facultad** 46  
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

---

Diciembre de 2008

N.º 46

Diciembre de 2008

ISSN 0120-6230

**Rector:**

Alberto Uribe Correa

**Decano:**

Elkin Libardo Ríos Ortiz

**Directora Revista:**

Consuelo Montes de Correa

**Comité Editorial:**

Eduardo Miró

Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, CONICET), Santa Fe, Argentina

Felipe Bustamante Londoño

Facultad de Ingeniería,  
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Oscar Rosa Mattos

Depto. de Ingeniería Metalúrgica y Materiales  
Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil

Félix Echeverría Echeverría

Facultad de Ingeniería,  
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Roberto Carlos Hincapié Reyes

Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones e Informática, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia

Piedad Gañan Rojo

Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia

Eduardo Sánchez

Instituto de sistemas informáticos y multimedias,  
Lausanne, Suiza

Román Hermida

Facultad de Informática Universidad Complutense de Madrid, España

Octavio Armas Vergel

ETS de Ingenieros Industriales Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España

**Comité Científico:**

Jesus Casanova Kindelan

Dpto Ing. Energética y Fluidomecánica ETSII  
Universidad Politécnica de Madrid, España

Georgina Fernández Villagómez

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Watson Vargas Escobar

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Esteban Abad Holgado

Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales,  
CSIC, Barcelona, España

Néstor Jaime Aguirre Ramírez

Facultad de Ingeniería,  
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

**Auxiliares Administrativos:**

Diana Arboleda González

Maria Elena Muñoz Hernández

**Carátula:**

Imagen generada por Andrés Gómez Ramírez empleando la herramienta Ingeniart. Esta herramienta fue desarrollada en el grupo Sicosis de Ingeniería de Sistemas.

**Diseño, diagramación e impresión:**

L. Vieco e Hijas Ltda.

lviecoehijasltada@une.net.co

**Permiso:**

Tarifa Postal Reducida N.º 842

**Dirección electrónica:**

revista.ingenieria@udea.edu.co

<http://ingenieria.udea.edu.co/grupos/revista/>

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores.

**Objetivo de la Revista Facultad de Ingeniería**

“El principal objetivo de la *Revista Facultad de Ingeniería* es promover y estimular la publicación de artículos originales e inéditos derivados de investigación experimental o de simulación en ingeniería o temas afines, realizada por académicos y profesionales pertenecientes a entidades públicas y privadas, nacionales o extranjeras”.

## Contenido

Editorial .....	5
Mejoramiento de la resistencia a la corrosión del acero AISI 4140 utilizando multicapas de titanio/nitruro de titanio .....	7
<i>Faber Correa</i>	
<i>Julio César Caicedo</i>	
<i>William Aperador</i>	
<i>Carlos Alberto Rincón</i>	
<i>Gilberto Bejarano</i>	
Características de adhesión entre fibras de queratina y poliéster insaturado.....	15
<i>Marco Paniagua</i>	
<i>Alexander Ossa</i>	
<i>Gladys Ruiz Avilés</i>	
Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta.....	24
<i>Tatiana Rodríguez</i>	
<i>Diego Botelho</i>	
<i>Eduardo Cleto</i>	
Variabilidad fisicoquímica del agua en la ciénaga El Eneal, reserva natural Sanguaré municipio de San Onofre-Sucre, Colombia .....	39
<i>Elkin Libardo Ríos</i>	
<i>Jaime Alberto Palacio</i>	
<i>Néstor Jaime Aguirre</i>	
Institucionalidad en torno a los mercados de carbono y los mecanismos de flexibilización derivados del Protocolo de Kioto.....	46
<i>Piedad Patricia Restrepo</i>	
<i>David Tobón</i>	
<i>Jorge Hernán Flórez</i>	
Simulación computacional del crecimiento de huesos largos: un modelo de osificación endocondral.....	58
<i>Diego Alexander Garzón</i>	
<i>José Manuel García</i>	
<i>Manuel Doblare</i>	
Análisis de sensibilidad por la colocación de los electrodos en la electromiografía de superficie (semg) .....	70
<i>Angélica Ramírez</i>	
<i>Diego Alexander Garzón</i>	

Modelado y simulación de la actividad eléctrica de células ventriculares.....	80
<i>Karen Cardona</i> <i>Javier Saiz</i> <i>José María de Loma</i> <i>Gustavo Puerto</i> <i>Carlos Suárez</i>	
Interferencia electromagnética en equipos médicos debida a equipos de comunicación inalámbrica .....	90
<i>Paulo César Calvo</i> <i>Adolfo Escobar</i> <i>Carlos Pinedo</i>	
Reconocimiento de huellas dactilares usando características locales.....	101
<i>Gualberto Aguilar</i> <i>Gabriel Sánchez</i> <i>Karina Toscano</i> <i>Mariko Nakano</i> <i>Héctor Pérez</i>	
Mapeo curvas típicas demanda de energía eléctrica del sector residencial, comercial e industrial de la ciudad de Medellín, usando redes neuronales artificiales y algoritmos de interpolación .....	110
<i>Héctor Tabares</i> <i>Jesús Hernández</i>	
Solución al problema de empaquetamiento bidimensional usando un algoritmo híbrido constructivo de búsqueda en vecindad variable y recocido simulado.....	119
<i>Eliana Mirledy Toro</i> <i>Alejandro Garcés</i> <i>Hugo Ruiz</i>	
Estudio y modelamiento del robot KUKA KR 6 .....	132
<i>John Faber Archila</i> <i>Max Suell Dutra</i>	
Algoritmo de generación de columnas: Una revisión desde su aplicación al problema de asignación de cupos escolares.....	145
<i>Pablo Andrés Maya</i>	
Instrucciones.....	158
Guide for authors .....	161

## Editorial

Apreciados colegas:

La Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia ascendió a la máxima Categoría en la I Actualización del Índice Bibliográfico Nacional – Publindex, 2008. La indización en la categoría A1 es de dos años comprendidos entre el 1 de enero de 2008 y el 31 de diciembre de 2009. Este importante acontecimiento es motivo de gran satisfacción ya que conducirá necesariamente a incrementar el impacto de los trabajos que se publican en ella y consecuentemente, los autores se sentirán mejor recompensados en su esfuerzo, al alcanzar una mayor visibilidad científica en Latinoamérica y el mundo.

Además de cumplir con los criterios de calidad científica, calidad editorial y estabilidad, a lo largo de los últimos cuatro años se han hecho esfuerzos por incluir la Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia en importantes bases de datos e índices siguiendo los criterios marcados por estas entidades. Actualmente la Revista está incorporada a *Chemical Abstracts Plus* y *CA Plus*, RedALyC, Periódica, Actualidad Iberoamericana, PASCAL, en el índice bibliográfico *Scientific Electronic Library On Line* (SciELO-Colombia) en el *Directory of Open Access Journals* (DOAJ) y más recientemente en el índice bibliográfico *Science Citation Index Expanded*, también conocido como *SciSearch*®, y en el *Journal Citation Report* (JCR), del *Institute for Scientific Information* (ISI) de *Thomson Reuters* que integra las publicaciones de ciencia y tecnología más prestigiosas del orbe.

Para ser admitida y luego mantenerse en dichas bases de datos e índices, la Revista debe cumplir una serie de exigencias estrictas con relación a la calidad del contenido, a la originalidad de las investigaciones, a la regularidad de la publicación, a la revisión y aprobación por parte de pares de las contribuciones publicadas y a la existencia de un comité editorial de composición pública y heterogénea. Como consecuencia, inevitablemente se producirá un mayor rigor en los procesos de selección y aceptación de artículos y de manera general, el aumento de la calidad de la investigación publicada en la Revista, la cual estará constantemente bajo el escrutinio de la comunidad científica nacional e internacional.

En nombre del Comité Editorial quiero agradecer a la Vicerrectoría de Investigación de la UdeA que ha promovido diversas actividades y gestionado recursos para el mejoramiento de las Revistas Especializadas de la institución. Al Sr. Decano de la Facultad ELKIN LIBARDO RÍOS por haber apostado a la continuidad y la calidad de Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia con el soporte financiero y logístico. Al Departamento de Recursos de Apoyo e Informática –DRAI–, que brinda el apoyo para mantener la página web <http://ingenieria.udea.edu.co/grupos/revista/>. A los autores de los artículos, que en cada edición aportan contenidos de excelente calidad. A los evaluadores por sus críticas constructivas. Igualmente, es justo reconocer el apoyo del personal que labora en la Revista por la dedicación y el entusiasmo en el desarrollo de las

actividades propias de la publicación y al personal de la Imprenta L. Vieco e Hijas Ltda. por la calidad de sus servicios.

El logro obtenido nos obliga no sólo a seguir el camino trazado, sino a mejorarlo para convertir nuestra Revista en un referente de consulta nacional e internacional. Invitamos a los investigadores de toda la región para que envíen sus aportes a nuestro correo electrónico: [revista@udea.edu.co](mailto:revista@udea.edu.co). También agradecemos a todos nuestros lectores las sugerencias al proceso de mejora continua de esta publicación. Esperamos visiten nuestro sitio: <http://ingenieria.udea.edu.co/grupos/revista/> donde podrán descargar los artículos publicados desde la edición No. 30 en formato pdf.

Consuelo Montes de Correa  
Directora