

# INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD

## REVISTA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

© Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería

ISSN No. 0123 - 3033

**Chemical Abstracts Service Abbreviated Title:**  
**Ing. Compet.**

Volumen 16, No. 1, junio de 2014

**Institución Editora:**  
Facultad de Ingeniería - Universidad del Valle

Indexada en:  
PUBLINDEX  
PERIODICA

Fuente Académica (de EBSCO)  
EBSCO INTERNATIONAL INDEX  
CHEMICAL ABSTRACTS  
INSPEC  
REDALYC

Los conceptos y opiniones de los artículos son responsabilidad exclusiva de su autor;  
en ningún momento comprometen las orientaciones y políticas de la  
Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle.

Los artículos de esta revista pueden descargarse gratuitamente desde la página web  
<http://revistaingenieria.univalle.edu.co> y pueden reproducirse libremente citando la fuente.

Comunicaciones de Ingeniería  
Teléfonos: (57) (2) 339 31 95 - Fax: 330 24 79 - A.A. 25360  
Ciudad Universitaria Melendez - Edificio 331 - Torre de Ingeniería - 5° piso  
e-mail: [inycompe@correounivalle.edu.co](mailto:inycompe@correounivalle.edu.co)  
<http://revistaingenieria.univalle.edu.co>  
Santiago de Cali, Colombia



**Universidad  
del Valle**

**Facultad de Ingeniería**

INGENIERÍA  
Y  
COMPETITIVIDAD  
REVISTA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

**Dirección universitaria**

Rector

**Iván Enrique Ramos Calderón**

Vicerrectora de Investigaciones

**Ángela María Franco Calderón**

Vicerrector Académico

**Héctor Cadavid Ramírez**

Director del Programa Editorial

**Francisco León Ramírez Potes**

**Facultad de Ingeniería**

Decano

**Edgar Quiroga Rubiano**

Vicedecano de Investigación y Posgrados

**Patricia Torres Lozada**

Vicedecano Académico

**Carlos Rafael Pinedo Jaramillo**

# INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD

REVISTA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

## Cuerpo Editorial

Editor Jefe

**Fiderman Machuca Martínez, Ph. D.**

### Comité Editorial

<b>Joao Luis Ealo Cuello, Ph. D.</b>	Universidad del Valle (Colombia)
<b>Ruby Mejia De Gutierrez, Ph. D.</b>	Universidad del Valle (Colombia)
<b>Miguel Ricardo Peña Varón, Ph. D.</b>	Universidad del Valle (Colombia)
<b>Peter Thomson, Ph.D.</b>	Universidad del Valle (Colombia)
<b>Carlos Julio Vidal Holguín, Ph. D.</b>	Universidad del Valle (Colombia)
<b>Pedro Antonio Moreno Tovar, Ph. D.</b>	Universidad del Valle (Colombia)
<b>Eduardo Behrentz Valencia, Ph. D.</b>	Universidad de los Andes (Colombia)
<b>Ramón Alfonso Gallego Rendón, Ph. D.</b>	Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia)
<b>Carlos Hoffman Sampaio, Ph. D.</b>	Universidad Federal Rio Grande Do Sul (Brasil)
<b>Edgar Lotero Alegría, Ph. D.</b>	Conoco Phillips (United States of America)
<b>Jorge Enrique Rodríguez Paez, Ph. D.</b>	Universidad del Cauca (Colombia)
<b>Carlos Emilio Romero, Ph. D.</b>	Lehigh University (United States of America)

### Comité Científico

<b>Jorge Francisco Estela Uribe, Ph. D.</b>	Pontificia Universidad Javeriana (Colombia)
<b>José Luis García Fierro, Ph. D.</b>	Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (España)
<b>Pere Grima Cintas, Ph. D.</b>	Universidad Politécnica de Cataluña (España)
<b>Duncan Mara, Ph. D.</b>	University of Leeds (United Kingdom)
<b>Hosahalli Ramaswamy, Ph. D.</b>	McGill University (Canada)

### Asistente Editorial

**Alba Lucía Cifuentes González**

### Diagramación y Diseño

**Edgar Bejarano Soto**

**Jose R. Regalado O.**

### Impresión

**Unidad de Artes Gráficas Facultad de Humanidades, Universidad del Valle**