



# revista facultad de ingeniería

Universidad de Antioquia

Apr-Jun, 2023

No.  
**107**

ISSN 0120-6230  
e-ISSN 2422-2844



**No. 107**

Apr-Jun 2023

ISSN 0120-6230

e-ISSN 2422-2844

## Editor-in-Chief

Maryory Astrid Gómez Botero

## Editorial Board

Luis Ribeiro

Geosistemas

Instituto Superior Técnico

Lisboa, Portugal

Eduardo Miró

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

Santa Fe, Argentina

Octavio Armas Vergel

Escuela de Ingeniería Industrial y Aeroespacial Toledo

Universidad de Castilla

La Mancha, España

Jean Denis Taupin

HydroSciences, Institute de recherche pour le développement

Montpellier, Francia

Román Hermida

Facultad de Informática

Universidad Complutense

Madrid, España

Oscar Rosa Mattos

Departamento Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Brasil

Eduardo Sánchez

École Polytechnique Fédérale

Lausanne, Suiza

Carles Corbella Roca

Faculty of Physics and Astronomy Ruhr

University Bochum

Alemania

Ángel Pérez del Pino

Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona

Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC

Barcelona, España

Claudio Avignone Rossa

Faculty of Health and Medical Sciences

University of Surrey

Guildford, Reino Unido

Jordi Morató Farreras

Coordinador Cátedra UNESCO de Sostenibilitat

Universitat Politècnica de Catalunya

España

Julián Andrés Rengifo Herrera

Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas  
(CINDECA)

Buenos Aires, Argentina

Luis Armando Díaz Torres

Grupo de Espectroscopia de Materiales Avanzados y

Nanoestructurados (GEMANA) Centro de Investigaciones en Óptica  
León, México

Lin, Hua-Tay

School of Electromechanical Engineering, Guangdong

University of Technology

Beijing, China

Kamal H. Khayat

Center for Infrastructure Engineering Studies, Missouri University

of Science &amp; Technology

Missouri, Estados Unidos

Waltraud M. Kriven

Department of Mechanical Science and Engineering

University of Illinois at Urbana-Champaign

Illinois, Estados Unidos

Juan Claudio Nino

Department of Materials Science and Engineering

University of Florida

Estados Unidos

Ramón Torrecillas San Millán

Director del Centro de Investigación en Nanomateriales y

Nanotecnología

Oviedo, España

Pulickel M. Ajayan

Materials Science and NanoEngineering Department

Rice University

Houston, Estados Unidos

Watson Vargas Escobar

Dpto. de Ingeniería Química

Universidad de los Andes

Colombia

Jorge Andrés Calderón Gutiérrez

Dpto. de Ingeniería de Materiales

Universidad de Antioquia

Colombia

Natalia Gaviria Gómez

Dpto. Ingeniería Electrónica

Universidad de Antioquia

Colombia

Danny Alejandro Múnera Ramírez

Dpto. Ingeniería de Sistemas

Universidad de Antioquia

Colombia

Juan Guillermo Villegas Ramírez

Dpto. Ingeniería Industrial

Universidad de Antioquia

Colombia

Gustavo Antonio Peñuela Mesa

Coordinador grupo GDCON

Escuela Ambiental

Universidad de Antioquia

Colombia

Guest Editor

Bernardo Andrés Benavides Arévalo

Facultad de Ingeniería

Institución Universitaria Pascual Bravo

Colombia



Scientific Board

Jesús Casanova Kindelan  
Ingeniería Energética y Fluidomecánica  
Universidad Politécnica de Madrid  
España

Esteban Abad Holgado  
Investigaciones Químicas y Ambientales, Consejo Superior de  
Investigaciones Científicas  
Barcelona, España

Georgina Fernández Villagómez  
Ingeniería Química  
Universidad Nacional Autónoma de México

Jiahua Jack Zhu  
Department of Chemical and Biomolecular Engineering  
University of Akron  
United States

Vijay Gupta  
Mechanical and Aerospace Engineering  
Biomedical Engineering  
Materials Science and Engineering  
University of California, Los Angeles  
United States

Jean Paul Allain  
Radiation Surface Science and Engineering Lab (RSEEL)  
Department of Nuclear, Plasma, and Radiological Engineering  
University of Illinois  
At Urbana-Champaign, United States

Dileep Singh  
Argonne National Laboratory  
Illinois, United States

Hernán E. M Carvajal  
Programa de Posgraduación en Geotecnia, Universidad de Brasilia  
Facultad de Minas,  
Universidad Nacional de Colombia

Néstor Jaime Aguirre Ramírez  
Escuela Ambiental  
Universidad de Antioquia, Colombia

Henry A. Colorado  
Sociedad Colombiana de Materiales y Minerales  
Ingeniería Mecánica  
Universidad de Antioquia, Colombia

Editorial Assistant  
Sandra L. Hernández Barrientos

Proofreading  
Natalia A. Hernández

English Proofreading  
Claudia E. Urrego Zapata

Cover image  
Image "Understanding the atmospheric characteristics of high polluted events in a tropical megacity" by Alejandro Casallas, Tatiana Córdoba, Leidy Sánchez-Cárdenas, Marco Andrés Guevara-Luna and Luis Carlos Belalcazar

Layout and printing  
Revista Facultad de Ingeniería -redin- Universidad de Antioquia

Post  
Reduced postal fare N° 842

E-mail  
revistaingenieria@udea.edu.co

Web site  
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/index>

The contents or any other legal restriction related to the articles is responsibility of the authors.

Scope of Revista Facultad de Ingeniería

The main objective of the journal is to promote and stimulate the publishing of national and international scientific research results. The journal publishes original articles, resulting from scientific research, experimental and or simulation studies in engineering sciences, technology, and similar disciplines (Electronics, Telecommunications, Bioengineering, Biotechnology, Electrical, Computer Science, Mechanical, Chemical, Environmental, Materials, Sanitary, Civil and Industrial Engineering).

In exceptional cases, the journal will publish insightful articles related to current important subjects, or revision articles representing a significant contribution to the contextualization of the state of the art in a known relevant topic. Case reports will only be published when those cases are related to studies in which the validity of a methodology is being proven for the first time, or when a significant contribution to the knowledge of an unexplored system can be proven.

All published articles have undergone a peer review process, carried out by experts recognized for their knowledge and contributions to the relevant field.

Revista Facultad de Ingeniería -redin- is entirely financed by University of Antioquia.

# Table of contents

Editorial.....	7
Multiobjective topology optimization of planar trusses using stress trajectories and metaheuristic algorithms Optimización topológica multiobjetivo de armaduras planas usando trayectorias de esfuerzo y algoritmos metaheurísticos Luis Humberto Niño-Alvarez and Oscar Javier Begambre-Carrillo.....	9
Pedestrian gaps and walking speed at uncontrolled midblock crosswalks Brechas y velocidades peatonales en cruces no controlados a mitad de cuadra Fredy Alberto Guío-Burgos, María Johana Combariza-Pinzón, and Flor Ángela Cerquera-Escobar.....	26
Numerical analysis of soil desaturation by an air injection method Análisis numérico de desaturación del suelo mediante un método de inyección de aire Sebastián Sepúlveda-Cano, Carlos A. Vega-Posada and Edwin F. García-Aristizábal.....	39
Understanding the atmospheric characteristics of high polluted events in a tropical megacity Características atmosféricas de eventos de alta contaminación en una megaciudad del trópico Alejandro Casallas, Tatiana Córdoba, Leidy Sánchez-Cárdenas, Marco Andrés Guevara-Luna and Luis Carlos Belalcazar.....	53
New approach for filling simulations of dual-scale preforms using BEM for the manufacturing of composites materials Nuevo enfoque para simulaciones de llenado de preformas doble escala usando BEM para la manufactura de compuestos Iván David Patiño Arcila.....	66
Synergistic and antagonistic effects in anaerobic co-digestion. Analysis of the methane yield kinetics Efectos sinérgicos y antagonísticos en codigestión anaerobia. Análisis de la cinética de rendimiento de metano Nilo Bayardo Montesdeoca-Pichucho, Katiuska Garibaldi-Alcívar, Ricardo José Baquerizo-Crespo, Yunet Gómez-Salcedo, Osney Pérez-Ones and Ileana Pereda-Reyes.....	80
Photocatalytic treatment based on TiO <sub>2</sub> for a coal mining drainage Tratamiento fotocatalítico basado en TiO <sub>2</sub> para un drenaje de minería de carbón Julie Joseane Murcia-Mesa, Ceidy Geraldine Patiño-Castillo, Hugo Alfonso Rojas-Sarmiento, Antonio Navío-Santos, María del Carmen Hidalgo-López and Alberto Angel-Botero.....	88
Seismic behavior of reinforced concrete buildings using chained masonry walls randomly located Comportamiento sísmico de edificios de hormigón armado con muros de mampostería encadenados localizados aleatoriamente Abdelkader Nour, Abdelkader Benanane and Varum Humberto.....	102
Uncovering road traffic crashes typologies using multiple correspondence analysis (MCA), in low-resource settings Identificando tipología de accidentes viales mediante análisis de correspondencia múltiple en entornos con recursos limitados Cristina Domínguez, Juan Diego Febres Eguiguren and Steven N. Cuadra.....	113
The energy equation for modeling reacting flows on RANS, LES and DES approaches La ecuación de la energía para modelar flujos reactivos con enfoques RANS, LES y DES Luis F. Gutiérrez-Marcantoni, José P. Tamagno, Sergio A. Elaskar.....	131

