

Libro de Resúmenes

Seminario de Investigación en Recursos Minerales, Materiales y Nanotecnología

Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia

Diciembre
9-10, 2021

Organizan:





Profesora Luz Marina Ocampo Carmona
Directora 1er SIRMMN

Profesor Gustavo Neira Arenas
Director 1er SIRMMN

Profesor Hugo Armando Estupiñán Durán
Director 1er SIRMMN

Ely Dannier V. Niño
Editor y Coordinador de Diseño

Artista Visual Luz Adriana Vera Rivera
Diseño de Portada

Dirección Postal de Información del Programa

Colombia, Antioquia, Medellín, Calle 75, No 79a-51
Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Bloque M-17
Departamento de Materiales y Minerales, Oficina 110
Correo electrónico: sirmmn_med@unal.edu.co

Copyright © UNAL – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Libro de resúmenes del Primer Seminario de Investigación en Recursos Minerales, Materiales y Nanotecnología (1er SIRMMN); evento académico y científico auspiciado por la Vicedecanatura de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. **ISSN 2805-8976**. Esta es una publicación de la UNAL; la responsabilidad de la información publicada compete a los ponentes mismos.



Comité Organizador

Profesora Luz Marina Ocampo Carmona
Área Curricular de Materiales y Nanotecnología

Profesor Gustavo Neira Arenas
Área Curricular de Recursos Minerales

Profesor Hugo Armando Estupiñán Durán
Director Departamento de Materiales y Minerales

Comité Científico Nacional

- Dra. Yaneth Pineda Triana
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja
- Dr. Darío Yesid Peña Ballesteros
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga
- Dr. Dionisio Antonio Laverde Catano
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga
- Dr. Pedro Luis Delvasto Angarita
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga
- Dr. Ely Dannier V. Niño
Foundation of Researchers in Science and Technology of Materials, Bucaramanga
- Dra. Miryam Rincón Joya
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Dr. José José Barba Ortega
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Dra. Alba Nelly Ardila Arias
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín
- Dra. Verónica Botero Fernández
Universidad Nacional de Colombia, Medellín
- Dra. Clara Inés Villegas
Universidad Nacional de Colombia, Medellín
- Dra. Luz Marina Ocampo Carmona
Universidad Nacional de Colombia, Medellín
- Dr. Jorge Iván Tobón
Universidad Nacional de Colombia, Medellín
- Dr. Gustavo Neira Arenas
Universidad Nacional de Colombia, Medellín
- Dr. Hugo Armando Estupiñán Durán
Universidad Nacional de Colombia, Medellín

TEMÁTICAS

Materiales y Nanotecnología

- Catálisis
- Reología
- Tribología
- Biomateriales
- Recubrimientos
- Análisis de falla
- Cementos/concretos
- Procesos metalúrgicos
- Tratamiento de efluentes
- Sostenibilidad ambiental
- Valorización de residuos

Recursos Minerales

- Minería
- Geomecánica
- Metalurgia extractiva
- Caracterización de minerales
- Geología y procesos geológicos
- Geodiversidad y patrimonio minero
- Seguridad y salud en el trabajo minero
- Aspectos ambientales y de sostenibilidad en minería
- Explotación y beneficio de recursos minerales



Contenido

Recursos Minerales.....	1
Leaching of monazite by biotechnological processes.....	2
Synthesis of calcium and magnesium phosphates by chemical precipitation from the leaching of national phosphate rock with biogenic acid.....	3
Biogenic acid-based treatment for phosphorus minerals by <i>A. thiooxidans</i> for the solubilization process	5
Beneficiation and sourcing of rare earth minerals from alluvial black sands.....	6
Physicochemical and toxicological properties of mercury and its compounds in relation to its use in gold mining	7
Geomechanical and petrographic characterization of humic coals from the Sinifana basin, Amaga, Titiribí, Antioquia	8
Structural modeling and ordinary kriging of rare earth elements in Antioquia, Colombia, using Python programming.....	9
Inclusion of the mining variable in the land use planning scheme of Argelia municipality, Antioquia, Colombia.....	10
Urabaes geopark (cuna terrane)	11
Mechanism of separation of feldspar from aluminosilicates from mining tailings with geometallurgical potential	13
Study of gold cyanidation mechanisms considering interphase physicochemical interactions.....	14
Tectonics of western colombia	15
Exhumation paths for northwestern colombian andes from thermo-kinematic modelling of low temperature chronometers – implication for cenozoic tectonics	16
Alternatives for the treatment of mercury-contaminated gold sands: chemical and thermodynamic aspects..	18
Characterisation of the accident rate in small and medium-scale mining in colombia	19
Materiales y Nanotecnología.....	20
Synthesis of iron and zinc oxalate from pickling effluents in the hot-dip galvanizing industry	21
Evaluation of the pore system and the sulphate attack resistance in mortars of prehydrated ordinary Portland cement.....	22
Material characterization of wall paintings in the archaeological zone of tierradentro.....	23
Concentration, deposphorization and leaching process of light rare earth elements from alluvial gold mining tailings	24
Design and construction of an electrocoagulation cell for the treatment of contaminated water using alternating current	25
Novel aluminium metal matrix composite, materials for additive manufacturing technologies.....	26

Cobalt extraction using phosphonium based ionic liquids	27
Effect of nanosilica on drying retractions in white cement pastes	28
Increase in the oil recovery factor through the injection of nano-chemicals dispersed in gas	29
Analysis of premature failure of a 316L stainless steel chimney by chloride stress corrosion cracking	31
Additive manufacturing by fused filament fabrication of metallic components	32
Fique fibre bio-composites as an alternative to replace polypropylene in packaging applications.....	33
Protection of hydraulic turbine components by WC-Co coatings applied by automatized high velocity oxy-fuel thermal spray process	34
Smart cements.....	35
Recovery processes of spent pickling acids by precipitation of heavy metals with oxalic acid and tartaric acid.....	36
Lightweight concrete fabrication based on hybrid cement OPC – AAC and thermoplastic residues, for the application of a thermal behavior design.....	37
Caffeine extraction from the pulp generated in the coffee processing in Nariño, Colombia	38
Kinetics of sphalerite bioleaching by pure cultures and mixture of acidithiobacillus ferrooxidans, acidithiobacillus thiooxidans and leptospirillum ferrooxidans.....	39
Modeling of oxidation kinetics in dry sliding pairs - flash temperature incidence	40
Industrial use of recycling Ti6Al4V chips.....	41
Comparison of texturizing methods by additive and subtractive manufacturing and their tribological performance on a polymer-metal tribological pair	42
Design and construction of a diesel engine bench for tribological testing of textured components	43
Computational simulation of thermal phenomena in a box furnace with radiant tubes	44
Modelling and simulation of the heat transfer in a cold wall vacuum furnace for the heat treatment of critical parts from electric generation plants.....	45
Modeling the behavior of copper present in industrial wastewater discharged to the public sewer by a copper plating company.....	46
Design and prototype of a low power wind turbine rotor using natural fique fibers.....	48
Evaluation of caffeine-modified electrokinetic properties in monazite flotation	49
Effect of the spray parameters on the microstructure of the coatings (BC) nicocraly applied using high-velocity oxy fuel on super alloy substrate base nickel.....	50
Synthesis of nanoparticles from effluents from pickling and degallating stages of the hot-dip galvanizing industry	51
Coating of TI6Al4V surface with graphene nanoparticles by electrolytic plasma oxidation for its potential use in bone repair	52
YSZ powder development by grinding for APS.....	53
Scientific initiation group in materials recycling and effluent treatment	54



Recursos Minerales



Leaching of monazite by biotechnological processes

Lixiviación de monacita mediante rutas biotecnológicas

V Correa¹, L M Ocampo Carmona¹, and M A Márquez¹

¹ Grupo de Mineralogía Aplicada y Bioprocessos, Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: vecorrear@unal.edu.co

Abstract. Rare earth elements (REE) are critical components of modern technologies. Acidithiobacillus thiooxidans was found to be capable to produce biogenic acid during its metabolic activity. A Colombian monazite concentrate from alluvial gold mining was leached with this acid, which left REE in solution. Biogenic acid was made in a 5 liters batch reactor for 21 days, using 9K culture medium with 4% of elemental sulfur. Monazite was then leached in 200 ml reactors, at room and high temperature. To probe leaching reaction XRD, FTIR, SEM with EDX analysis was used. To quantify REE, ICP spectroscopy was used. Finally, we obtained very low leaching percentages of Ce, La and Nd, due to the refractoriness of monazite. This method was useful as a pre-treatment of the ore, because more than 70% of uranium was leached.

Resumen. Los elementos de tierras raras (REE) son componentes críticos de las tecnologías modernas. Acidithiobacillus thiooxidans fue capaz de producir ácido biogénico durante su actividad metabólica. Un concentrado de monacita colombiana, proveniente de la minería de oro aluvial fue lixiviado con este ácido, el cual dejó los REE en solución. El ácido biogénico fue producido en un reactor por lotes de 5 litros durante 21 días, usando 9K como medio de cultivo con 4% de azufre elemental. La monacita fue luego lixiviada en reactores de 200 ml, tanto a temperatura ambiente como a 120°C. Para comprobar la posible reacción de lixiviación, se hicieron análisis de XRD, FTIR y SEM con EDX. Para cuantificar los REE, se hicieron análisis de espectroscopía ICP. Finalmente, se obtuvieron porcentajes muy bajos de lixiviación de Ce, La y Nd, debido a la refractariedad de la monacita. Este método fue útil como un pretratamiento del mineral, ya que más del 70% del uranio fue lixiviado.



Synthesis of calcium and magnesium phosphates by chemical precipitation from the leaching of national phosphate rock with biogenic acid

Síntesis de fosfatos de calcio y magnesio por precipitación química producto de la lixiviación de roca fosfórica nacional con ácido biogénico

S M Restrepo Arcila¹, M A Márquez Godoy¹, and J P Hernández Ortiz^{2,3}

¹ Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Institute for Molecular Engineering, University of Chicago, Chicago, United States of America

³ Biotechnology Center, University of Wisconsin–Madison, Madison, United States of America

E-mail: srestrepaor@unal.edu.co

Abstract. Calcium and magnesium phosphates with potential technological applications are synthesized in the mineral phases: hydroxyapatite, bobierite and collinsite, from the solubilization of a national phosphate rock of low phosphorus content with biogenic sulfuric acid produced by strain *A. thiooxidans* ATCC 13977 which solubilizes sulfur in a 9K medium in 5L reactors. The phosphate rock initially has 5.5 %w/w phosphorus measured by X-Ray Fluorescence (XRF) and corroborated by atomic absorption. The acid had a sulfate content of 100074 mg/L determined by the UV-Vis method (ASTM D516-16). The liquid product of the solubilization was characterized in a Thermo Scientific Genesis 10 UV spectrometer, using the spectrophotometric method 4500-P C vanadomolybdophosphoric acid colorimetric method with a wavelength of 470 nm, obtaining 74% of the solubilized phosphorus. The synthesis materials were obtained under the following conditions: the liquid product of the solubilization with an initial pH of 5.32, temperature of 25°C, a NaOH solution was added until obtaining a resulting pH of 10, the agitation speed was varied between 300 and 400 rpm. The resulting materials were characterized by different techniques such as: X-Ray Diffraction (XRD), which allowed the identification of the mentioned mineral phases. Besides indicating the obtaining of an amorphous material for the condition at 400 rpm, against a more crystalline material at the condition obtained at 300 rpm, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), which shows the characteristic groups in the vibrational states of (PO_4^{3-}) (OH^-) showing significant differences for the two conditions obtained, FRX with the presence of the elements calcium (Ca) and magnesium (Mg) and others in percentages less than 0.3 %w/w.

Resumen. Se sintetizan fosfatos de calcio y magnesio en las fases minerales: hidroxiapatita, bobierita y colinsita, a partir de la solubilización de una roca fosfórica nacional de bajo contenido de fósforo con ácido sulfúrico biogénico producido por la cepa *A. thiooxidans* ATCC 13977 la cual solubiliza el azufre en un medio 9K en reactores de 5L. La roca fosfórica inicialmente, cuenta con 5.5 %w/w de fósforo medido por la técnica Fluorescencia de Rayos X (FRX) y corroborado por absorción atómica. El ácido tenía un contenido de 100074 mg/L en sulfatos determinado por el método de UV-Vis (ASTM D516-16). El líquido producto de la solubilización fue caracterizado en un especlómetro Genesis 10 UV de Thermo Scientific, usando el método espectrofotométrico 4500-P C vanadomolybdophosphoric acid colorimetric method con una longitud de onda de 470 nm, obteniendo el 74% del fósforo solubilizado. Los materiales de síntesis fueron obtenidos bajo las siguientes condiciones: el líquido producto de la solubilización con pH inicial de 5.32, temperatura de 25°C, una solución de NaOH fue agregada hasta obtener un pH resultante de 10, se varió la velocidad de agitación 300 y 400 rpm. Los materiales resultantes fueron caracterizados por



diferentes técnicas como: Difracción de Rayos X (DRX), que permitió identificar las fases minerales mencionadas. Además de indicar la obtención de un material amorfo para la condición a 400 rpm, contra un material más cristalino a la condición obtenida a 300 rpm, espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR), la cual muestra los grupos característicos en los estados de vibración del PO_4^{3-} (OH^-) mostrando diferencias significativas para las dos condiciones obtenidas, FRX con la presencia de los elementos calcio (Ca) y magnesio (Mg) y otros en porcentajes menores a 0,3 %w/w.



Biogenic acid-based treatment for phosphorus minerals by *A. thiooxidans* for the solubilization process

Lixiviación de roca fosfórica colombiana a partir de *A. thiooxidans* para uso agronómico

M N Echeverry Alzate¹, and M A Márquez G¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia

E-mail: mnecheverrya@unal.edu.co

Abstract. Colombian soil is mostly infertile and acidic, it contains a big quantity of switchable aluminum and a low quantity of phosphorus, that is why fertilizer demand in Colombia is very high because agriculture is one of the main economical activities in the country. Therefore, it presents a phosphorus solubilization process with biogenic acid produced by *A. thiooxidans* in a 5L reactor. The process resulted in 83% and 94% of adequate sulfate quantity in 300 rpm sulfur bioleaching while in 400 rpm is raised to 53% and 47% of obtained sulfates. For phosphoric rock leaching, phosphorus solubilizations of 98.48 % and 98% were obtained with 20% and 30% of the mineral as the maximum amount, at around 18 minutes of reaction. Around 30 minutes, the total time of the reaction, phosphorus suffered a 48.98% and 24% precipitation for 20% and 30% respectively, showing that is possible to reduce reaction time to avoid new precipitation. Through FTIR it was possible to demonstrate that in rock acidulation, calcium sulfate bands due to calcite reaction appeared whereas calcite-ankerite and some phosphorus bands disappeared. Quartz and dolomite did not present changes and these results were demonstrated by XRD. Additionally, a biogenic acid production scale process to 50L was initiated, using as a parameter the speed at the tip of the impeller. 91.66% and 81.66% of possible sulfates in the reaction were obtained as preliminary results. This process opens the pathway to optimization and investigation of the process with biogenic acid to treat low concentration degree phosphoric rock and improve its benefits of it.

Resumen. El fósforo es un elemento necesario (para humanos, plantas y animales), ya que hace parte de casi todas las reacciones químicas metabólicas y como transporte de energía en forma de ATP. El suelo colombiano, es infértil, es su mayoría y posee una acidez muy alta, contiene gran cantidad de aluminio intercambiable y poca cantidad de fósforo, por lo cual la demanda de fertilizantes en Colombia es muy alta debido a que una de las principales actividades económicas del país es la agricultura. Por consiguiente, se propone un proceso de solubilización de fósforo a partir de ácido biogénico producido por *A. thiooxidans* en un reactor de 5L. Se lograron obtener 83% y 94% de las cantidad de sulfatos factible en la biolixiviación del azufre, a 300 rpm, mientras a 400 rpm solo se logró llegar hasta el 53% y 47% de sulfatos obtenidos. Para la lixiviación de la roca fosfórica, se obtuvieron solubilizaciones de fósforo 98,48% con el 20% del mineral y un 98% con el 30% del mineral como cantidad máxima, alrededor de 18 minutos de reacción, a los 30 min que fue el tiempo total que duro la reacción el fósforo sufrió una precipitación del 48,98% y el 24% para el 20% y el 30% respectivamente, mostrando que es posible reducir los tiempos de reacción para evitar la re-precipitación de este. Mediante el FTIR se pudo mostrar que, en la acidulación de la roca, aparecen las bandas de sulfato de calcio (yeso) propias de la reacción de la calcita y desaparecieron las bandas de la calcita-ankerita y algunas de fósforo. El cuarzo y la dolomita no presentaron cambios, estos resultados fueron confirmados mediante el DRX. Además de esto, se inició un proceso de escalado de la producción de ácido biogénico a 50L, usando como parámetro la velocidad en la punta del impulsor. Se obtuvieron como resultados preliminares un 91.66% y un 81,66% de sulfatos posibles en la reacción. Este proceso entonces abre las puertas a la investigación y optimización de procesos con ácido biogénico para tratar roca fosfórica de bajo grado de concentración y mejorar el beneficio de esta.



Beneficiation and sourcing of rare earth minerals from alluvial black sands

Beneficio y abastecimiento de minerales de tierras raras a partir de arenas negras aluviales

L I Ochoa¹, G Neira Arenas², and A Jha³

¹ Mineros Aluvial BIC S.A.S., Medellín, Colombia

² Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

³ University of Leeds, Leeds, United Kingdom

E-mail: gneira@unal.edu.co

Abstract. The supply of rare earth elements and the identification of safe sources is one of the biggest geopolitical, economic, and technological challenges of our times, considering their strategic importance for the manufacturing of components for energy systems and devices for advanced technologies. Due to this search, minerals associated to alluvial gold deposits, known as placers, have received considerable attention as they may contain important quantities of these elements in minerals such as monacite and xenotime. The beneficiation of these ores, however, represents a challenge itself, considering the variety of minerals that can be present in these deposits, grouped in a material generally known as black sands. In this work, the results of the recovery and characterization study of the black sands-containing streams in a gold alluvial operation located on the north-east of the Antioquia Province (Colombia) are presented. These black sands have a high potential as a source of rare earth elements, and the study focuses on the possible installation of a complementary process for their recovery within the parameters of the current operation. The study included the identification of the process stream with the highest potential of rare earths, and the application of different separation and characterization techniques. Results showed that the discharge (overflow) of the spiral offers the highest potential of elements of interest, represented by light REE (La, Ce, Nd), ilmenite, rutile, and zircon, which are present in sizes lower than 400 microns.

Resumen. El suministro de elementos de tierras raras y la localización de fuentes estables de los mismos constituye uno de los grandes retos geopolíticos, económicos y tecnológicos de nuestro tiempo teniendo en cuenta su importancia estratégica para la fabricación de componentes para sistemas energéticos y mecanismos de tecnologías avanzadas. Debido a esta búsqueda, los minerales asociados a depósitos aluviales de oro, conocidos como placeres, han recibido considerable atención ya que pueden contener cantidades apreciables de estos elementos en minerales tales como monacita y xenotima. El beneficio de estos minerales, sin embargo, representa un reto teniendo en cuenta la diversidad de minerales presentes en estos depósitos, y que se agrupan conformando un material generalmente conocido como arenas negras. En este trabajo, se presentan los avances en el estudio de recuperación y caracterización de las corrientes de una operación aluvial de oro ubicada en el noroeste del Departamento de Antioquia, con un alto potencial como fuentes de elementos de tierras raras y con miras a la posible instalación de un proceso complementario que permita su concentración dentro de los parámetros de la operación actual. El estudio incluyó la determinación de la corriente con mayor potencial de tierras raras, y la aplicación de diferentes técnicas de separación y caracterización. Los resultados mostraron que la descarga (overflow) de la espiral ofrece el mayor potencial de elementos de interés, representados por ETR livianas (La, Ce, Nd), ilmenita, rutilo y círcón, presentes en fracciones de tamaños menores a 400 micrones.



Physicochemical and toxicological properties of mercury and its compounds in relation to its use in gold mining

Propiedades fisicoquímicas y toxicológicas del mercurio y sus compuestos en relación con su utilización en minería aurífera

J D Romero Benítez¹, L E Herrera Espitia¹, and G Neira Arenas¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: gneira@unal.edu.co

Abstract. Mercury control in the environment is complex and expensive, mainly due to its high mobility and dilution in nature, since it is present not only in the inorganic constituents of soils but also in live organisms, which enhances its mobility. Mercury is a very reactive metal, and its chemical form changes depending on the prevailing conditions of the environment, being particularly affected by the presence of organic agents. In this work, it is initially presented a perspective of the grave environmental and toxicological effects derived from the use or exposition to mercury, which originated the Minamata Convention, a treaty that is facing great difficulties for its implementation Colombia. Based on this general framework and considering that many questions still prevail about the mobility of mercury in nature, a review on the main physicochemical characteristics of mercury and its natural cycle is presented, along with the main thermodynamic stability relations in aqueous media according to Eh-pH diagrams. Finally, an analysis is carried out on the formation conditions of methylmercury and their relevance for the development of treatment techniques for mercury-contaminated residues of gold mining, especially those aiming at its precipitation as HgS.

Resumen. El control del mercurio en el ambiente es complejo y costoso, debido principalmente a su alta movilidad y dilución en el medio natural, ya que está presente no solo en el componente inorgánico de los suelos, sino también en los organismos vivos lo cual incrementa su movilidad. El mercurio es un metal muy reactivo, y su forma química cambia dependiendo de las condiciones que prevalezcan en el medio, y es particularmente afectado por la presencia de agentes orgánicos. En este trabajo se presenta inicialmente una perspectiva de los graves efectos toxicológicos y ambientales derivados del uso y/o exposición al mercurio, que dieron origen a la Convención de Minamata, cuyo tratado enfrenta grandes dificultades para su implementación en Colombia. Con base en este marco general, y teniendo en cuenta que aún existen muchos interrogantes acerca de la movilidad del mercurio en la naturaleza, se revisan las principales características fisicoquímicas del mercurio y su ciclo en el medio ambiente natural, junto con las principales relaciones de estabilidad termodinámica en medio acuoso mediante diagramas Eh-pH. Se realiza finalmente un análisis de las condiciones de formación del metilmercurio y su relevancia para el desarrollo de técnicas de tratamiento de residuos de minería aurífera contaminados con mercurio, especialmente mediante su precipitación como HgS.



Geomechanical and petrographic characterization of humic coals from the Sinifana basin, Amaga, Titiribi, Antioquia

Caracterización geomecánica y petrográfica de carbones humicos de la cuenca del Sinifana, sector Amaga, Titiribi, Antioquia

A Gómez Gómez¹, and A J Castro-Caicedo¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia

E-mail: ajcastro@unal.edu.co

Abstract. In this work, the main characteristics of composition, quality, and strength of humic coals from the Sinifaná basin are studied and correlated. The analysis of seven beds of bituminous coal type C high in volatile in mines in operation in the municipalities of Titiribí, Angelópolis and Venecia was carried out. Laboratory analyzes of humidity, ash, volatile matter, fixed carbon, total sulfur and calorific power were made, as well as the maceral count using an optical microscope and image treatment, as well as point load tests, uniaxial compression tests and triaxial compression tests. The results show that the vitrinite maceral group is predominant, with a proportional correlation with the mechanical strength. It was also identified that the content of liptinites presents a direct correlation with the mechanical strength, with the content of volatile matter and with the calorific value. These results make it possible to establish field and laboratory methodologies that can be applied in order to optimize the exploitation and use of this important energy resource.

Resumen. En este trabajo se estudian y correlacionan las principales características de composición, calidad y resistencia mecánica de carbones húmicos de la cuenca del Sinifaná. Se realizó el análisis de siete mantos de carbón bituminoso altos en volátiles tipo C en minas en explotación en los municipios de Titiribí, Angelópolis y Venecia. Se hicieron análisis próximos completos de humedad, ceniza, materia volátil, carbono fijo, azufre total y poder calorífico, como también el conteo maceral utilizando microscopio óptico y tratamiento de imágenes, así como ensayos de resistencia de carga puntual, compresión uniaxial y compresión triaxial. Los resultados muestran que el grupo maceral de la vitrinita es predominante, con una correlación proporcional con la resistencia mecánica. También fue identificado que el contenido de liptinitas presenta correlación directa con la resistencia mecánica, con el contenido de materia volátil y con el poder calorífico. Estos resultados posibilitan establecer metodologías de campo y laboratorio que pueden ser aplicadas con el fin de optimizar la explotación y el uso de este importante recurso energético



Structural modeling and ordinary kriging of rare earth elements in Antioquia, Colombia, using Python programming

Modelamiento estructural y kriging ordinario de elementos de tierras raras en Antioquia en colombia, mediante programación con Python

J A Bedoya Londono¹, L H Sánchez Arredondo¹, and J M Molina Escobar²

¹ Departamento de Materiales y Minerales, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Departamento de Geociencias, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: jabedoyal@unal.edu.co

Abstract. The objective of this study is to carry out the variography of the concentrations of Cerium, Lanthanum, Neodymium and Praseodymium by means of Python programming to identify, by the Inverse of Square Distance and Ordinary Kriging of blocks, the areas of high grade, which will be potential for the development of REE's mining value chain in the department of Antioquia, Colombia. The data used belong to the project "Geochemical Map of the Department of Antioquia" of the Faculty of Mines of the National University of Colombia, which were taken in fine stream sediments on a mesh of 30 km x 20 km, where 464 samples were used, produced 101 composites for geochemical analysis at the Geophysical and Geochemical Institute in Beijing, ROC. The results obtained indicate that the REE analyzed in this study show significant geostatistical importance in the Northeast and Bajo Cauca subregions of Antioquia, affirming the viability of starting the mining value chain in the municipalities of Zaragoza, Segovia, Remedios and Vegachí.

Resumen. El objetivo de este estudio es realizar la variografía de las concentraciones de Cerio, Lantano, Neodimio y Praseodimio mediante programación con Python para identificar por los métodos de Inverso de la Distancia Cuadrada y Kriging Ordinario de bloques las áreas de alto tenor, las cuales serán potenciales para el desarrollo de la cadena de valor minera de REE en el departamento de Antioquia, Colombia. Los datos utilizados pertenecen al proyecto “Mapa geoquímico del departamento de Antioquia” de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, los cuales fueron tomados en sedimentos finos de corriente sobre una malla de 30 km x 20 km, donde con 464 muestras se elaboraron 101 compósitos, para los análisis geoquímicos en el Instituto Geofísico y Geoquímico de Beijing, República de China. Los resultados obtenidos indican que los REE analizados en este estudio muestran una importancia significativa de tipo geoestadística en las subregiones antioqueñas Nordeste y Bajo Cauca, afirmando viabilidad de inicio de la cadena de valor minera en los municipios de Zaragoza, Segovia, Remedios y Vegachí.



Inclusion of the mining variable in the land use planning scheme of Argelia municipality, Antioquia, Colombia

Inclusión de la variable minera en el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Argelia, Antioquia, Colombia

S A Garavito¹, and L H Sánchez¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia

E-mail: sagaravitoh@unal.edu.co

Abstract. Nowadays, there are many countries in the world that successfully incorporate mining and energy activities for the management, development, and planning of their territories, generating multiple benefits for the growth and evolution of urban centers and rural areas. On the other hand, in Colombia, there are no municipalities that even have clarity as to what they possess in terms of soil and subsoil resources within their administrative boundaries, allowing a vision of sustainable development and land use planning aimed at the implementation of extractive, engineering, economic, cultural, environmental, and social activities. The importance of an adequate incorporation of the mining variable in the plans and schemes of territorial planning, constitutes a range of opportunities for all municipal entities at the level of sustainable development, thanks to the convergence of environmental, infrastructure and community relationship issues with their territory that directly and indirectly expand the sources for economic and social development, strengthening local income along the way. Therefore, this work is focused on the execution of a conceptual study with a geostatistical approach that serves as a basis for integrating and including the development of the mining variable in the municipality of Argelia in the department of Antioquia, with emphasis on the preliminary, diagnostic and formulation stages of its Land Use Planning Scheme (EOT, acronym by name in Spanish) and that additionally serves as a basis for the modification of its current planning model.

Resumen. Actualmente en el mundo, existen muchos países que exitosamente incorporan las actividades de carácter minero energético para la gestión, desarrollo y ordenamiento de sus territorios, generando múltiples beneficios en pro del crecimiento y la evolución de los centros urbanos y las zonas rurales. Por otra parte, en Colombia, no existen municipios que tengan claridad siquiera en cuanto a que poseen en materia de recursos del suelo y del subsuelo dentro de sus límites administrativos, que permitan una visión de desarrollo y ordenamiento territorial sostenible encaminado a la ejecución de actividades de tipo extractivo, ingenieril, económico, cultural, ambiental y social. La importancia de una adecuada incorporación de la variable minera en los planes y esquemas de ordenamiento territorial, constituye un abanico de oportunidades para todas las entidades municipales a nivel de desarrollo sostenible, gracias a la convergencia de temas ambientales, de infraestructura y de relacionamiento de la comunidad con su territorio que amplían de manera directa e indirecta las fuentes para el desarrollo económico y social fortaleciendo en el camino los ingresos locales. Por lo anterior, este trabajo está enfocado en la ejecución de un estudio conceptual con enfoque geoestadístico que sirva como base para integrar e incluir el desarrollo de la variable minera en el municipio de Argelia en el departamento de Antioquia, haciendo énfasis en las etapas preliminar, de diagnóstico y de formulación de su Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y que adicionalmente sirva como base para la modificación de su actual modelo de planeación.



Urabaes geopark (cuna terrane)

Geoparque urabáes (terreno cuna)

L H Sánchez Arredondo^{1,2}, A Martínez Pérez², S Garavito Higuera^{1,2}, and J Bedoya Londoño¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Sociedad Colombiana para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero-Metalúrgico, Bogotá, Colombia

E-mail: lhsanchez@unal.edu.co

Abstract. The objective of this research is to characterize the geological, environmental, mining, social, cultural and intangible heritage to formulate a geotourism project under the label of Unesco Geopark that could contribute to the development of an area of 6824 Km² of the Cuna Terrane within the Darién Coastal Environmental Unit (Darien-CEU), in jurisdiction of the San Juan de Uraba, Arboletes, Necoclí and Turbo municipalities, through market viability studies (for the specific geotourism market niche), technical viability (valuation of geosites, geotopes), financial viability (creation of economic value sustained over the time), legal viability (legal framework), social viability (inclusion and development of the communities of influence), environmental viability (conservation and value creation of fauna and flora) and the risks management associated with the project. The Urabaes Geopark (UG) is located at the western end of the Colombian Caribbean coast, on the border with Panama, it covers the marine and coastal territory of the Antioquia and Choco departments. To the north it limits with the Caribbean plate and the deformed belt of Panama, to the east it limits with the Calima Terrane by the Dabeiba-Pueblo Rico geological fault, to the west it limits with the Nazca plate that subducts under the Andes and in the Gulf of Uraba; the boundary is covered by Late Miocene and Quaternary sediments. The geological heritage of international interest in the UG is related to the Cuna Terrane, which was accreted in NW of Colombia, in the early Miocene (Restrepo J.J. and Toussaint J.F., 1988, Toussaint J.F., Restrepo J.J 2020). The UG also contains the sedimentary Sinu sequence from Calima Terrane described by the same authors. The geology of the UG is represented by an oceanic basement corresponding to an island arc that accreted to the South American continent. In a Geopark, geology is the central axis of the development of the territory that considers the population and its heritage to achieve sustainable development. The GU rocks tell us the history of the union between North America and South America by the uplift of the Panama Isthmus. The emerging Isthmus divided a unique tropical ocean in two parts, the Caribbean side became warmer, saltier, and nutrient deficient - classic conditions for the propagation of coral reefs. On the Pacific side, cold and nutrient-rich water produced large amounts of food that nourished seabirds, whales, rays, sharks, and fishes. These different marine environments prompted many of the original organisms to evolve into different species on both sides of the Panama Isthmus, making it a unique place to study how evolution works.

Resumen. El objetivo de esta investigación es caracterizar el patrimonio geológico, ambiental, minero, social, cultural e inmaterial para formular un proyecto de geoturismo bajo la etiqueta de un Geoparque Unesco que podría sumar al desarrollo de un área de 6824 Km² del Terreno Cuna dentro de la Unidad Ambiental Costera del Darién (UAC-Darién), en jurisdicción de los municipios de San Juan de Urabá, Arboletes, Necoclí y Turbo, mediante estudios de viabilidad de mercados (para el nicho de mercado específico del geoturismo), viabilidad técnica (valoración de geositios, geotopos), viabilidad financiera (creación de valor económico sostenido en el tiempo), viabilidad legal (marco jurídico), viabilidad social (inclusión y desarrollo de comunidades de influencia), viabilidad ambiental (conservación y creación de valor de la fauna y flora) y la gestión de los riesgos asociados al proyecto. El Geoparque Urabáes (GU) está ubicado en el extremo occidental de la costa caribe colombiana, en el límite con Panamá, abarca el territorio marino y costero de los departamentos de Antioquia y Chocó. Al norte limita con la placa Caribe y el cinturón deformado de Panamá, al este limita con el Terreno Calima por la falla geológica de rumbo desustral



inversa Dabeiba-Pueblo Rico, al oeste limita con la placa de Nazca que subduce bajo los Andes y en el Golfo de Urabá; el límite está cubierto por sedimentos del Mioceno Tardío y del Cuaternario. El patrimonio geológico de interés internacional en el GU está relacionado con el Terreno Cuna, que se acrecionó al NW de Colombia, en el Mioceno temprano (Restrepo J.J. y Toussaint J.F., 1988, Toussaint J.F., Restrepo J.J 2020). El GU contiene además la secuencia sedimentaria Sinú del Terreno Calima de los mismos autores. La geología del GU está representada por un basamento oceánico correspondiente a un arco de islas que se acrecionó al continente Suramericano. En un Geoparque la geología es el eje central del desarrollo del territorio que tiene en cuenta la población y sus patrimonios para hacer un desarrollo sostenible. Las rocas del GU nos cuentan la historia de la unión de américa del norte y américa del sur por el levantamiento del istmo de panamá. El Istmo emergente dividió en dos partes un océano tropical único, el lado del Caribe se tornó más cálido, más salado y deficiente en nutrientes - condiciones clásicas para la propagación de los arrecifes coralinos. En el lado del Pacífico el agua fría rica en nutrientes produjeron grandes cantidades de alimentos que nutren aves marinas, ballenas, rayas, tiburones y peces. Estos ambientes marinos diferentes, impulsaron a muchos de los organismos originales a evolucionar en especies diferentes en ambos lados del Istmo de Panamá, convirtiéndolo en un sitio único para estudiar cómo funciona la evolución.



Mechanism of separation of feldspar from aluminosilicates from mining tailings with geometallurgical potential

Mecanismo de separación de feldespato de aluminosilicatos en relaves mineros con potencial geometalúrgico

G J Contreras Sinchi¹, and M O Bustamante Rúa¹

¹ Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: gcontrerass@unal.edu.co

Abstract. The study of the behavior of physicochemical aspects in the feldspar flotation shows the possibility of generating sources of industrial minerals derived from waste products of the mining industry that present a geometallurgical potential as raw material in the glass and ceramic industry, thus, through the understanding of the adsorption mechanism of amine collectors under certain scenarios, different industrial applications can be generated. For the study, samples of tailings from metallic mining and FD-K were taken, and the corresponding characterization determines a geometallurgical potential. By means of conventional froth flotation, the influence of accessory minerals present in the tailings and the study of amine collectors is evaluated; Aero 3030C, Reagent S9549 and Dodecylamine. The proposed scenarios define the interaction of basic pH with amine collectors, use of contaminating ions, laboratory tests in Partridge Smith cells, contact angle and physicochemical characterization. The behavior of the surface charge of the FD-K against contamination with Al^{+3} , Fe^{+3} and Mn^{+2} ions, shows changes in the zeta potential, taking positive values in an acid medium, transferring the ZPC of the potassium feldspar with presence of Al^{+3} . When studying the surface free energy of feldspar using the DLVO theory, a significant variation is shown that implies the increase in the interfacial tension causing a selective hydrophobization to occur. Finally, the evaluated physicochemical parameters show good floatability of the feldspar with amine collectors at basic pH through froth flotation in Partridge-Smith Cell, obtaining higher mineral recovery values when increasing the pH, reaching values of up to 90% with the Aero 3030C collector and with the use of polluting ions as activators.

Resumen. El estudio del comportamiento de aspectos físico-químicos en la flotación de feldespato muestra la posibilidad de generar fuentes de minerales industriales derivados de productos de desecho de la industria minera que presenten un potencial geometalúrgico como materia prima en la industria del vidrio y cerámica, así, a través de la comprensión del mecanismo de adsorción de colectores aminas bajo ciertos escenarios se pueden generar diferentes aplicaciones industriales. Para el estudio se tomaron muestras de relave proveniente de minería metálica y FD-K, y la caracterización correspondiente determina un potencial geometalúrgico. Por medio de flotación espumante convencional se evalúa la influencia de minerales accesorios presentes en el relave y el estudio de los colectores aminas; Aero 3030C, Reagent-S9549 y Dodecilamina. Los escenarios propuestos definen la interacción de pH básico con los colectores aminas, utilización de iones contaminantes, ensayos de laboratorio en celda Partridge Smith, ángulo de contacto y caracterización fisicoquímica. El comportamiento de la carga superficial del FD-K frente a una contaminación con iones de Al^{+3} , Fe^{+3} y Mn^{+2} , muestra cambios en el potencial zeta, tomando valores positivos en medio ácido, trasladando el ZPC del feldespato potásico con presencia de Al^{+3} . Al estudiar la energía libre superficial de feldespato usando la teoría DLVO, se muestra una variación significativa que implica el incremento en la tensión interfacial haciendo que se produzca una hidrofobización selectiva. Finalmente, los parámetros fisicoquímicos evaluados muestran una buena flotabilidad del feldespato con colectores aminas a pH básico a través de flotación espumante en Celda Partridge-Smith, obteniendo valores superiores de recuperación del mineral al incrementar el pH; alcanzando valores de hasta el 90 % con colector Aero 3030C y con la utilización de iones contaminantes como activadores.



Study of gold cyanidation mechanisms considering interphase physicochemical interactions

Estudio de mecanismos de cianuración de oro considerando interacciones fisicoquímicas de interfase

Y Botero Vargas¹, and M O Bustamante Rua¹

¹ Instituto de minerales CIMEX, Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: yboterov@unal.edu.co

Abstract. The current work estimates the effect generated by the manipulation of interfacial properties in the development of high-grade native gold cyanidation and its influence on the kinetics, through the addition of surface tension modifying agents to the solution of cyanidation. The experimental results showed that the change in surface tension has a positive effect on the leaching kinetics as long as the relationship between surface tension and the contact angle formed between the gold surface and the cyanide solution allows decrease the interfacial tension of the system, the test achieved a final extraction 2,14 times greater than for conventional cyanidation and a leaching rate is double the estimated for conventional cyanidation. The increase in the extraction rate was attributed to the following mechanism of action: increased adsorption of species (CN- y O₂) at the reaction interface due to increased reactive sites on the surface due to increased adhesion and, therefore, to the affinity between the phases. of the gold/cyanidation solution system, as a consequence of the new equilibrium of interfacial interaction established by the change in the surface tension of the cyanidation solution.

Resumen. El presente trabajo de investigación evalúa el efecto que genera la manipulación de propiedades de interfase en el desempeño de la cianuración de oro nativo de alta ley y su influencia sobre la cinética, a través de la adición de agentes modificadores de la tensión superficial a la solución de cianuración. Los resultados experimentales mostraron que el cambio de la tensión superficial tiene un efecto positivo sobre la cinética de lixiviación siempre y cuando la relación entre este parámetro y el ángulo de contacto formado entre la superficie de oro y la solución de cianuro permitan disminuir la tensión interfacial del sistema, logrando alcanzar una extracción final 2,14 veces mayor que para la cianuración convencional, con una tasa de lixiviación del doble estimado para la cianuración convencional. El aumento de tasa de extracción se atribuyó al siguiente mecanismo de acción: aumento de adsorción de especies (CN- y O₂) en la interfase de reacción debido al incremento de sitios reactivos superficiales por el aumento de la adhesión y por tanto de la afinidad entre las fases del sistema oro/solución de cianuración, como consecuencia del nuevo equilibrio de interacción interfacial establecido por el cambio de la tensión superficial de la solución de cianuración.



Tectonics of western colombia

Tectónica del occidente colombiano

C Vinasco¹, and M Botero¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: cvinasco@unal.edu.co

Abstract. The complex tectonic history of western Colombia is discussed through a structural section from Medellín to the Serranía del Baudó. Two major fault systems are observed in the section. The Romeral fault system or shear zone and the Dabeiba Pueblo Rico system, both constitute fundamental tectonic block boundaries. The Romeral fault system corresponds to a transpressional system with W vergence, formed by mainly Paleocene structures with E Miocene reactivations. The Dabeiba Pueblo Rico fault system corresponds to the high strain zone possibly generated by the collision of the Panamá Chocó block. This zone preserves Miocene structures. To the east of this system, a folding zone with E vergence is developed, which functions as a local Miocene foreland. In this sector, there are also preserved possibly Paleogene bearing structures associated with a different tectonic event. Through low temperature thermochronology techniques, it has been possible to quantitatively determine at least 7 deformational peaks in the area during the Cenozoic.

Resumen. La compleja historia tectónica del occidente colombiano es discutida a través de un corte estructural desde Medellín hasta la Serranía del Baudó. En la sección se observan dos grandes sistemas de fallamiento. El sistema de fallas o zona de cizallamiento de Romeral y el sistema de Dabeiba Pueblo rico, ambos constituyentes de límites de bloques tectónicos fundamentales. El sistema de fallas de Romeral corresponde a un sistema transpresivo con vergencia al W, formado por estructuras fundamentalmente Paleocenas con reactivaciones al E Miocenas. El sistema de fallas Dabeiba Pueblo Rico corresponde a la zona de alto strain generado posiblemente por la colisión el bloque Panamá Chocó. Esta zona preserva estructuras Miocenas. Al este de este sistema se desarrolla una zona de plegamiento con vergencia al E que funciona como un *foreland* local Mioceno. En este sector se preservan también estructuras de rumbo posiblemente Paleógenas asociadas con un evento tectónico diferente. A través de técnicas de termocronología de baja temperatura ha sido posible determinar cuantitativamente al menos 7 picos deformacionales en la zona durante el Cenozoico.



Exhumation paths for northwestern colombian andes from thermo-kinematic modelling of low temperature chronometers – implication for cenozoic tectonics

Patrones de exhumación de los andes noroccidentales de colombia a partir de modelamiento termocinemático de baja temperatura- implicaciones sobre la tectónica cenozoica

C Vinasco¹, M Botero¹, M Bermudez², and S Restrepo¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

E-mail: cvinasco@unal.edu.co

Abstract. Low-temperature thermo-chronology (LTT) using multiple dating techniques, including (U-Th)/He in apatite and zircon and fission track dating in apatite (AFT) and zircon (ZFT) has been positioned as a fundamental tool for modeling and understanding the tectonic thermal history of crustal blocks. Numerical modeling of LTT data through software such as QtQT®, HefTy®, and the 3D Thermo kinematic code Pecube® allow us to infer thermal histories using multiple samples usually collected across vertical profiles. The 3D code, additionally, allows the incorporation of thermo-structural elements within the crust, such as fault position, isostasy, flexural and thermal parameters, topographic relief amplification variation, among others. Forward thermal modeling can be used to test proposed thermal history models and predict thermo-chronometrical ages while inverse thermal modeling finds a best-fit thermal history that provides a good statistical match (misfit) between observed and predicted thermochronological age. The Northern Andes has a complex tectonic-thermal evolution, mostly controlled by the interaction of the Nazca/Farallon, South America, and Caribbean plate, at least since the Cretaceous time. This complex interaction resulted in accretional and collisional events. Uplift discrete events through the Andean orogeny can be studied and evaluated through thermo-kinematic modeling from vertical profiles within the northern Andes in Colombia. Results presented in this contribution are based on vertical topographic sampling, along different transects within the Colombian northern Andes, used to construct regional age-elevation relationships using the apatite and zircon (U-Th)/He (AHe and ZHe, respectively) in individual grains. This study presents (1) New thermo-chronological data, (2) inverse modeling for the vertical transect El Cairo-Abejorral and Belmira zones within the Central Cordillera backstop domain; (3) Inverse modeling for the Mandé Batholith within the Panama-Chocó tectonic block.

Resumen. La termo-cronología de baja temperatura (LTT) que utiliza múltiples técnicas de datación, incluyendo (U-Th) / He en apatita y cirón y la datación por huellas de fisión en apatita (AFT) y cirón (ZFT) se ha posicionado como una herramienta fundamental para el modelado y comprender la historia térmica tectónica de los bloques de la corteza. El modelado numérico de datos LTT a través de software como QtQT®, HefTy® y el código termo cinemático 3D Pecube® nos permiten inferir historias térmicas utilizando múltiples muestras generalmente recolectadas en perfiles verticales. El código 3D, además, permite la incorporación de elementos termoestructurales dentro de la corteza, tales como posición de falla, isostasia, parámetros térmicos y de flexión, variación de amplificación del relieve topográfico, entre otros. El modelado térmico directo se puede utilizar para probar modelos de historia térmica propuestos y predecir edades termo-cronométricas, mientras que el modelado térmico inverso encuentra un historial térmico de mejor ajuste que proporciona una buena coincidencia estadística (desajuste) entre la edad termocronológica observada y la predicha. Los Andes del Norte tienen una evolución tectónico-térmica compleja,



mayoritariamente controlada por la interacción de la placa de Nazca / Farallón, Sudamérica y el Caribe, al menos desde el Cretácico. Esta compleja interacción resultó en eventos de acreción y colisión. Los eventos discretos de levantamiento a través de la orogenia andina se pueden estudiar y evaluar a través de modelos termo-cinemáticos de perfiles verticales dentro de los Andes del norte de Colombia. Los resultados presentados en esta contribución se basan en un muestreo topográfico vertical, a lo largo de diferentes transectos dentro de los Andes del norte de Colombia, utilizados para construir relaciones regionales de edad-elevación utilizando la apatita y el zircón (U-Th) / He (AHe y ZHe, respectivamente) en forma individual, granos. Este estudio presenta (1) nuevos datos termo-cronológicos, (2) modelado inverso para el transecto vertical de las zonas El Cairo-Abejorral y Belmira dentro del dominio de respaldo de la Cordillera Central; (3) Modelado inverso para el Batolito de Mandé dentro del bloque tectónico Panamá-Chocó.



Alternatives for the treatment of mercury-contaminated gold sands: chemical and thermodynamic aspects

Alternativas de tratamiento de arenas auríferas contaminadas con mercurio: aspectos químicos y termodinámicos

J D Romero Benítez¹, L E Herrera Espitia¹, and G Neira Arenas¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: gneira@unal.edu.co

Abstract. Mercury is a highly toxic metal that can be present in all components air-soil-water, showing interactions mediated by the local conditions of the environment. The interaction soil-water is not completely known, and thus the impacts generated using mercury in mining activities are not only a problem in terms of alteration of water resources but also of soils and the living organisms. So far, the most difficult component to tackle is perhaps the water resource due to its wide variability, the high mobility of mercury and the multiple and complex chemical relations resulting from it. In the case of soils and solid residues contaminated with this metal, many treatment techniques are focused on the chemical stabilization and immobilization of mercury. In this work, a revision has been made on the main techniques that have been developed or proposed for the control and treatment of mercury contaminated solid residues, with special emphasis on mining residues, from both a chemical and thermodynamic perspectives. It is carried out an evaluation of the thermodynamic stability of different mercury compounds of the evaluated alternative by means of the drawing and analysis of Pourbaix diagrams. Moreover, a cost-benefit analysis is performed for each alternative aiming at developing a tool for that purpose. The analysis carried out in this work evidences the necessity to address the treatment alternatives from an integral perspective, without disregarding the dynamics of each environmental component.

Resumen. El mercurio es un metal altamente nocivo que puede estar presente en los componentes aire-suelo-agua, presentando interacciones mediadas por las condiciones locales del ambiente. La interacción suelo-agua no es completamente conocida, y por ello los impactos generados por el uso de mercurio en labores mineras no solo son un problema en términos de afectación del recurso hídrico sino también de los suelos y los organismos que allí conviven. Hasta el momento, tal vez el componente más difícil de abordar ha sido el medio hídrico debido a su gran variabilidad, a la movilidad que presenta el mercurio y a las múltiples y complejas relaciones químicas que se derivan de ello. En el caso de los suelos y residuos sólidos contaminados con este metal, las técnicas de tratamiento apuntan en su mayoría a la estabilización química e inmovilización del mercurio. En el presente trabajo, se hace una revisión de las principales técnicas desarrolladas o propuestas para el tratamiento y control de residuos sólidos contaminados con mercurio, con especial énfasis en residuos de minería, desde una perspectiva química y termodinámica. Se lleva a cabo una evaluación de la estabilidad termodinámica de diferentes compuestos de mercurio de la alternativa evaluada, mediante la elaboración y análisis de Diagramas de Pourbaix. Así mismo, se hace un análisis del costo-beneficio de cada alternativa a fin de desarrollar una herramienta para tal fin. El análisis realizado en este proyecto evidencia la necesidad de que las alternativas de tratamiento sean abordadas desde una perspectiva integral, sin desconocer las dinámicas particulares de cada componente ambiental.



Characterisation of the accident rate in small and medium-scale mining in colombia

Caracterización de la accidentabilidad en la pequeña y mediana minería colombiana

G Sierra¹, J Alvarez¹, N Martinez¹, P Sierra¹, S Echavarria¹, T Garzón¹, J E Monsalve¹, N Rojas¹, and J Olave¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Consejo Colombiano de Seguridad, Bogotá, Colombia

E-mail: gjsierrac@unal.edu.co

Abstract. The mining accident rate in Colombia is an issue of categorical importance, the numbers of accidents and emergencies in this sector are considerably high. In 2020 alone, 134 mining emergencies occurred, resulting in 152 fatalities and 76 injuries, where the main causes reported in order of importance are: explosion, contaminated atmosphere, collapse, fire, mechanical and electrical aspects, falling heavy machinery and slope instability (National Mining Agency, 2020). Given these problems, it is necessary to update the actions that have been carried out to address the accident rate in each department in Colombia. The objective of this project is to provide the mining industry with a mining accident characterisation sheet, in order to obtain real and current data on mining accidents and fatalities in the country. This will be done on the basis of information obtained from occupational risk managers, which will be carried out firstly by an international contextualisation of mining, where four leading countries in terms of safety were chosen: the United States, Australia, Chile and Peru, followed by a characterisation of mining in Colombia with the compilation of the FURAT of the different insurance companies (Colpatria, Colmena, Bolívar, Sura Positiva, ALFA and Equidad), to move on to a presentation and schematization of the results.

Resumen. La accidentabilidad minera en Colombia es un tema de categórica importancia, las cifras de accidentes y emergencias en este sector son considerablemente altas. Tan solo en el año 2020 se presentaron 134 emergencias mineras las cuales han dejado 152 fatalidades y 76 heridos, donde las principales causas reportadas en orden de importancia son: explosión, atmósfera contaminada, derrumbe, incendios, aspectos mecánicos y eléctricos, caída de maquinaria pesada e inestabilidad de taludes (Agencia Nacional de Minería, 2020). Dado esta problemática se debe actualizar las acciones que se han estado llevando a cabo para hacerle frente a la accidentabilidad de cada departamento en Colombia. El objetivo de este proyecto es ofrecer a la industria minera una ficha de caracterización de la accidentabilidad minera, con el fin de obtener datos reales y actuales de los accidentes y fatalidades mineras en el país. Se hará a partir de la información obtenida de las administradoras de riesgos laborales, lo cual se llevará a cabo primeramente por una contextualización internacional de la minería en donde se eligieron 4 países líderes en cuanto a seguridad: Estados Unidos, Australia, Chile y Perú, seguido por una caracterización de la minería en Colombia con la recopilación del FURAT de las distintas aseguradoras (Colpatria, Colmena, Bolívar, Sura Positiva, ALFA y equidad), para pasar a una presentación y esquematización de los resultados.



Materiales y Nanotecnología



Synthesis of iron and zinc oxalate from pickling effluents in the hot-dip galvanizing industry

Síntesis de oxalato de hierro zinc a partir de efluentes de decapado de la industria de galvanizado por inmersión en caliente

A Ramirez Marin¹, L M Ocampo Carmona¹, and A Ardila Arias²

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia

² Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia

E-mail: alramirezma@unal.edu.co

Abstract. The process of the hot dip galvanizing industry is carried out on steel parts in order to generate a protective zinc layer against corrosion. This is generated by immersing the piece in a bath of molten zinc, however, to obtain the zinc coating with the desired standards, the surface of the steel must be prepared in three baths: degreasing, pickling and fluxing, which generate a large amount of effluents. This work is focused on the stripping effluents due to the complexity of their treatment since they are commonly hydrochloric acid solutions (at 10%) with concentrations of Fe (~ 140g / L) and Zn (~ 160g / L) chlorides. Currently there are various methods to treat these effluents, among which the neutralization and encapsulation methods in ceramic matrices stand out, and on the other hand metal recovery methods, being more relevant since these effluents present a great opportunity of use for the chemical synthesis of Microparticulate and nanoparticulate materials, such as the case of synthesis of iron-zinc oxalates by the co-precipitation technique, which, when calcined, can obtain bimetallic Iron-Zinc particles. This technique consists of controllable variables such as temperature, rate of addition, concentration of the precipitating agent, among others, which allow obtaining different characteristics in particulate materials. The research work consists of obtaining iron zinc oxalate particulate material from pickling effluents from the hot galvanizing industry, where parameters are varied in order to obtain different characteristics in the particles.

Resumen. El proceso de la industria de galvanizado por inmersión en caliente es realizado a piezas de acero con el fin de generar una capa de zinc protectora frente a la corrosión. Este se genera al sumergir la pieza en un baño de zinc fundido, sin embargo, para obtener el recubrimiento de zinc con los estándares deseados, se debe preparar la superficie del acero en tres baños: desengrase, decapado y fluxado, los cuales generan una gran cantidad de efluentes. Este trabajo está centrado en los efluentes del decapado debido a la complejidad de su tratamiento, ya que son soluciones comúnmente de ácido clorhídrico (al 10%) con concentraciones de cloruros de Fe (~140g/L) y de Zn (~160g/L). Actualmente existen diversos métodos para tratar estos efluentes, entre los cuales sobresalen los métodos de neutralización y encapsulamiento en matrices cerámicas, y por otro lado métodos de recuperación de metales, siendo más relevantes ya que estos efluentes presentan gran oportunidad de aprovechamiento para la síntesis química de materiales microparticulados y nanoparticulados, como es el caso de síntesis de oxalatos de hierro-zinc por la técnica de co-precipitacion, que al ser calcinados se pueden obtener partículas bimetálicas de Hierro-Zinc. Esta técnica consta de variables controlables como temperatura, velocidad de adición, concentración del agente precipitante, entre otros, las cuales permiten obtener diferentes características en los materiales particulados. Las variables más críticas, al variar parámetros en el proceso son: el tamaño partícula, área superficial y porosidad de las partículas, las cuales pueden ser claves para aplicaciones específicas como es el caso de aplicaciones catalíticas, fotocatálisis y absorbentes UV, entre otras aplicaciones. El trabajo investigativo consta de la obtención de material particulado de oxalato de hierro zinc a partir de efluentes decapado de la industria de galvanizado en caliente, donde se varían parámetros con el fin de obtener diferentes características en las partículas.



Evaluation of the pore system and the sulphate attack resistance in mortars of prehydrated ordinary Portland cement

Evaluación del sistema de poros y la resistencia por ataque de sulfatos en morteros elaborados con cemento portland tipo I prehidratado

F Dueñas Morales¹, J I Tobón¹, and O J Restrepo-Baena¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: fduenas@unal.edu.co

Abstract. The objective of this research work is to observe the changes that occurred in the pore system of mortars made with prehydrated ordinary Portland cement and to evaluate its resistance against sulfate attack. The prehydration of the cement will be achieved through a treatment at different temperature conditions (from 75 °C to 150 °C) after heating in a forced convection or relative humidity oven (from 60% to 80%) after exposure to saturated atmospheres in saline solutions. They will work with samples of cement in powder and the specific surface and particle size will be evaluated by laser granulometry, for the cement pastes the hydration kinetics will be evaluated for 72 hours and tests of normal consistency, setting time and false will be carried out. setting, and for mortars the volume of the pores will be evaluated using the BET technique, resistance to compression and durability to sulfate attack. Finally, X-ray diffraction (XRD) characterization studies and thermogravimetric analysis (TGA) will be carried out on the cement samples, as well as on the pastes made with them, with which the necessary information will be obtained to correlate the content of the mineralogical phases with the observed mechanical behavior.

Resumen. El objetivo del presente trabajo de investigación es observar los cambios ocurridos en el sistema de poros de morteros elaborados con cemento Portland tipo I prehidratado y evaluar su resistencia frente al ataque de sulfatos. La prehidratación del cemento se logrará mediante un tratamiento a diferentes condiciones de temperatura (desde 75 °C hasta 150 °C) tras calentamiento en un horno de convección forzada o de humedad relativa (desde 60 % hasta 80 %) tras exposición a atmósferas saturadas en soluciones salinas. Se trabajarán con muestras de cemento en polvo y se evaluará la superficie específica y el tamaño de partícula por granulometría láser, para las pastas de cemento se evaluará la cinética de hidratación durante 72 horas y se realizarán ensayos de consistencia normal, tiempo de fraguado y falso fraguado, y para los morteros se evaluará el volumen de los poros mediante la técnica BET, resistencia a compresión y durabilidad al ataque de sulfatos. Por último, se desarrollarán estudios de caracterización por difracción de Rayos X (DRX) y análisis termogravimétrico (TGA) a las muestras de cemento, así como a las pastas elaboradas con ellas, con lo que se obtendrá la información necesaria para correlacionar el contenido de las fases mineralógicos con el comportamiento mecánico observado..



Material characterization of wall paintings in the archaeological zone of tierradentro

Caracterización de materiales de pinturas murales en la zona arqueológica de tierradentro

A I Giraldo Ocampo¹, J Trujillo Tellez², H A Estupiñan Duran¹, and L M Ocampo Carmona¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia

² GIPRI, Bogotá, Colombia

E-mail: anaigiraldoc@gmail.com

Abstract. The National Archaeological Park of Tierradentro was declared World Heritage Site by UNESCO in 1995, its main feature is the presence of hundreds of underground tombs (hypogea) located on top of the mountains and used for carrying out secondary burials. These hypogea, that date 600.900 AD, are considered a vestige of the funerary rituals and unique conception of the burial space, revealing the “social complexity and cultural richness of a pre-Hispanic society from the northern Andes region”. The tombs are profusely decorated in the interior with reliefs and wall paintings in various tones of red, black, white, and yellow. Four hypogea with the presence of mural paintings, located at the archaeological site Alto del Aguacate, were selected to carry out a multidisciplinary study based on the instrumental analyses for the characterization of materials, allowing an approximation to the technological and conservation aspects of the paintings studied, thus contributing to the knowledge of the hypogea, same as future projects. This project allowed the identification of the stratigraphy of the paintings studied: the rock support consists of a highly degraded volcanic tuff, the preparation layer is a kaolin type white clay, and for the pictorial layers, materials such as hematite mixed with clays, corresponding to red ochre pigment, charcoal, corresponding to carbon black, and kaolin for the white paintings.

Resumen. El Parque Arqueológico Nacional de Tierradentro fue declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, en 1995; su principal característica es la presencia de cientos de tumbas subterráneas (hipogeos) localizadas en la cima de las montañas, y usadas para llevar a cabo entierros secundarios. Estas tumbas, que datan del 600-900 D.C, son consideradas vestigio de los rituales funerarios y una concepción única de los espacios de enterramiento, revelando así la “complejidad social y riqueza cultural de una sociedad prehispánica en la región norte de los Andes” (UNESCO, 1995). Los hipogeos se encuentran ricamente decoradas en su interior con relieves en piedra y pinturas murales en diversos tonos de rojo, negro, blanco y amarillo. Cuatro hipogeos con presencia de pinturas murales ubicados en el sitio arqueológico Alto del Aguacate fueron seleccionados para llevar a cabo un estudio multidisciplinario basado en los análisis instrumentales para la caracterización de materiales, permitiendo una aproximación a los aspectos tecnológicos y de conservación de las pinturas estudiadas, contribuyendo así al conocimiento de los hipogeos, así como a futuros proyectos. Este proyecto permitió identificar la estratigrafía de las pinturas estudiadas: el soporte pétreo consiste en una toba volcánica altamente degradada, la capa de preparación se trata de una arcilla blanca tipo caolín, y para las capas pictóricas se encontraron materiales como hematita mezclada con arcilla correspondiente al pigmento ocre rojo, carbón vegetal correspondiente a negro de humo, y caolín para las pinturas blancas.



Concentration, dephosphorization and leaching process of light rare earth elements from alluvial gold mining tailings

Proceso de concentración, desfosforación y lixiviación de elementos de tierras raras ligeras a partir de residuos de la minería aluvial de oro

L Echeverry Vargas¹, N R Rojas Reyes¹, and L M Ocampo Carmona¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: ljecheverryv@unal.edu.co

Abstract. Monazite [(Ce, La, Nd, Th) PO₄] is a rare earth element phosphate and is one of the most critical minerals in the world, since it serves as the main source of light rare earth elements such as lanthanum, cerium, neodymium, and praseodymium, which have great application in modern technologies. In this work, a monazite concentrate was obtained by gravimetric, magnetic, and electrostatic concentration processes from alluvial gold processing residues in the region of the Bagre-Nechí mining district in Colombia. Subsequently, the monazite concentrate was subjected to dephosphorization processes with KaOH and NaOH at different treatment times and temperatures to eliminate the phosphate present in the monazite. In addition, mineral species analysis was performed by ICP-OES and XRD. It was found that the starting mineral residue consisted of monazite, as well as ilmenite, zircon, and magnetite, which have a great potential to be exploited. Monazite constitutes 2.3 % by mass of the starting residue from gold mining. In the dephosphorization process, better results are obtained with KOH at a temperature of 500°C for 120 minutes; however, the analysis of the dephosphorized product indicated that phosphate removal was not complete and ~14.0% phosphate is retained in the final product. On the other hand, dephosphorization times of 60, 90 and 120 minutes showed very similar phosphate removal rates. The highest element removal is achieved with H₂SO₄ as the leaching medium versus HCl at all concentration, time and temperature conditions evaluated. The addition of 10% (v/v) H₂O₂ was found to increase rare earth dissolution up to 93% in H₂SO₄ medium.

Resumen. La monacita [(Ce, La, Nd, Th) PO₄] es un fosfato de elementos de tierras raras y es uno de los minerales más críticos del mundo, ya que sirve como la principal fuente de elementos ligeros de tierras raras como lantano, cerio, neodimio y praseodimio, los cuales tienen gran aplicación en las tecnologías modernas. En este trabajo se obtuvo un concentrado de monacita mediante procesos de concentración gravimétrica, magnética y electrostática desde residuos del beneficio del oro aluvial en la región del distrito minero Bagre-Nechí en Colombia. Posteriormente, el concentrado de monacita fue sometido a procesos de desfosforización con KaOH y NaOH a diferentes tiempos y temperaturas de tratamiento con el fin de eliminar el fosfato presente en la monacita. Además, se realizó análisis de especies minerales mediante ICP-OES y XRD. Se encontró que el residuo mineral de partida estaba constituido por Monacita, además de ilmenita, zircón, magnetita, los cuales tiene un gran potencial de ser aprovechado. La monacita constituye el 2.3 % en masa del residuo de partida de la minería de oro. En el proceso de desfosforización, se obtienen mejores resultados con KOH a una temperatura de 500°C durante 120 minutos; sin embargo, el análisis del producto desfosforizado indicó que la eliminación de fosfato no fue completa y se conserva ~14.0% de fosfato en el producto final. Por otro lado, los tiempos de desfosforización de 60, 90 y 120 minutos mostraron tasas de eliminación de fosfato muy similares. La mayor extracción de los elementos se logra con H₂SO₄ como medio lixiviante frente al HCl en todas las condiciones de concentración, tiempo y temperatura evaluadas. Se encontró que la adición de 10% (v/v) de H₂O₂ incrementa la disolución de tierras raras hasta un 93% en medio H₂SO₄.



Design and construction of an electrocoagulation cell for the treatment of contaminated water using alternating current

Diseño y construcción de una celda de electrocoagulación para el tratamiento de aguas contaminadas usando corriente alterna

E Castillo Penagos¹, D C Navarro¹, and L M Ocampo Carmona¹

¹ Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: ecastillo@unal.edu.co, dcnavarros@unal.edu.co

Abstract. The design and construction of an electrocoagulation cell for the treatment of contaminated water using alternating current was studied, in this case the elimination of zinc from the wastewater of the hot galvanizing sector, pickling stage was sought. The current density and the initial pH of the treatment were considered as study variables, and the main design parameter was the area of the electrode. The cell was designed under the Krick methodology with a capacity of 10 liters in cylinder form, with 6 Al cathodes and 6 Fe anodes connected in parallel monopolar. The device has a power and current controller that passes through the cell. AC current is used, and the control is carried out by clipping the sinusoidal signal in the desired time, which is fed back by a measurement of the current that passes through the cell and using a PID controller the current is kept at the value determined by the user. The results showed that the greatest elimination of Zinc was 30% at a pH of 3.5 and a current density of 4.63 mA/cm². Due to the high metal load and variety, in addition to the low presence of oils and fats, the removal of the metal was by electrodeposition, while for mechanisms such as adsorption, complexion and electrostatic attraction the participation was lower.

Resumen. Se diseñó y construyó una celda de electrocoagulación para el tratamiento de aguas contaminadas usando corriente alterna. Este trabajo estuvo enmarcado dentro del proyecto “Construcción de un prototipo piloto de celda de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales del sector de galvanizado en caliente” Hermes 48928 financiado por la Universidad Nacional de Colombia. En este trabajo se buscó la eliminación de zinc de la etapa de decapado de un proceso del galvanizado en caliente. Se consideraron como variables de estudio la densidad de corriente y el pH inicial del tratamiento, así mismo, el parámetro principal de diseño fue el área del electrodo. La celda se diseñó bajo la metodología Krick con una capacidad de 10 litros en forma de cilindro, con 6 cátodos de Al y 6 ánodos de Fe conectados en monopolar paralelo. El dispositivo cuenta con un controlador de potencia y corriente que pasa a través de la celda. Se utiliza corriente AC y el control se realiza recortando la señal sinusoidal en el tiempo deseado, dicho tiempo es retroalimentado por una medición de la corriente que pasa a través de la celda y mediante un control PID se mantiene la corriente en el valor determinado por el usuario. Los resultados mostraron que la mayor eliminación de Zinc fue de 30% a un pH de 3.5 y una densidad de corriente de 4.63 mA/cm². Debido a la alta carga y presencia de otros metales, además de la poca presencia de aceites y grasas, la eliminación del metal se dio por electrodepositación, mientras que para los mecanismos como adsorción, complejación y atracción electroestática la participación fue menor.



Novel aluminium metal matrix composite, materials for additive manufacturing technologies

Novedoso compuesto de matriz metálica de aluminio, materiales para tecnologías de manufactura aditiva

J J Rosero-Romo¹, P G Saiz¹, R Morales^{1,2}, and D Salazar¹

¹ Basque Center for Materials, Applications and Nanostructures- BCMaterials, Leioa, Spain

² Basque Foundation for Science- IKERBASQUE, Bilbao, Spain

E-mail: james.rosero@bcmaterials.net

Abstract. Environmental preservation has become a key issue in the search for new materials. In this context, reducing fuel consumption is a topic of great interest. For this purpose, the industries related to the manufacture of parts for aircraft and automobiles have focused on developing new additive manufacturing technologies such as Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) or Atmospheric Pressure Plasma Deposition (APPD) as well as the use of new materials with improved properties as feedstock for these technologies; materials that at the end of the additive manufacturing process provide low densities but with mechanical properties equal to or better than those of traditional materials. Aluminium matrix composites (AMCs) are expected to be a vital contributor in the automotive and aerospace industries due to their high specific wear resistance and excellent corrosion properties. In this work, we will show the most relevant results obtained on the development and characterization of AMCs with ceramic nanoparticle reinforcement.

Resumen. La preservación del medio ambiente se ha convertido en un tema clave en la búsqueda de nuevos materiales. En este contexto, la reducción del consumo de combustible es un tema de gran interés. Para ello, las industrias relacionadas con la fabricación de piezas para aeronaves y automóviles se han centrado en el desarrollo de nuevas tecnologías de fabricación aditiva como Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) o Atmospheric Pressure Plasma Deposition (APPD) así como el uso de nuevos materiales con propiedades mejoradas como materia prima para estas tecnologías; materiales que al final del proceso de fabricación aditiva aportan bajas densidades pero con propiedades mecánicas iguales o mejores que las de los materiales tradicionales. En particular, se espera que los compuestos de matriz de aluminio (AMC) sean un contribuyente vital en las industrias automotriz y aeroespacial debido a su alta resistencia al desgaste específico y excelentes propiedades de corrosión. En este trabajo mostraremos los resultados más relevantes obtenidos en el desarrollo y caracterización de AMC con refuerzo de nanopartículas cerámicas.



Cobalt extraction using phosphonium based ionic liquids

Extracción de cobalto usando líquidos iónicos basados en fosfonio

D Chaverra¹, M C Ruiz², and O J Restrepo¹

¹ Instituto de minerales CIMEX, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

E-mail: dechaverraa@unal.edu.co

Abstract. Cobalt is a strategic metal for the development of today's society. Its obtaining is generally linked to nickel extraction processes. The separation of these two metals represents a significant metallurgical challenge due to similar properties. Traditionally their separation is achieved using molecular organic solvents which pose serious risks to human health and the environment. In this work, an alternative for the separation of cobalt and nickel with lower risk was developed. This consists of the use of ionic liquids with a trioctyl(alkyl)phosphonium cation. The synthesis of some phosphonium ionic liquids and their characterization were carried out. The effectiveness of synthesized ionic liquids for cobalt extraction was studied, as well as the effect of different process parameters. Conditions were established for the selective separation of cobalt with respect to nickel and other metallic species; and finally, a flow sheet for the processing of a multimetallic solution was proposed. The synthesis of ionic liquids with trioctyl(alkyl)phosphonium cation was satisfactory and its application in cobalt extraction reached recoveries close to 100 %. Cobalt extraction was shown to be selective for nickel, calcium, and magnesium. By using a low ionic liquid content organic phase, the zinc can be selectively removed. With 2 theoretical stages, recovery of more than 98 % of cobalt is obtained using a 0.8 M organic phase of ionic liquid. Cobalt is discharged into water from where it can be obtained as a final product.

Resumen. El cobalto es un metal estratégico para el desarrollo de la sociedad actual. Su obtención generalmente está ligada a los procesos de extracción de níquel. La separación de estos dos metales representa un desafío metalúrgico importante debido a propiedades similares. Tradicionalmente su separación se logra mediante el uso de solventes orgánicos moleculares los cuales plantean serios riesgos para la salud humana y el medio ambiente. En este trabajo se desarrolló una alternativa para la separación de cobalto y níquel de menor riesgo. Ésta consiste en el uso de líquidos iónicos con catión trioctil(alquil)fosfonio. Se realizó la síntesis de algunos líquidos iónicos de fosfonio y su caracterización. Se estudió la efectividad de los líquidos iónicos sintetizados para la extracción de cobalto, además del efecto de diferentes parámetros de proceso. Se establecieron condiciones para la separación selectiva de cobalto respecto del níquel y otras especies metálicas; y finalmente se propuso un diagrama de flujo para el procesamiento de una solución multimetallica. La síntesis de líquidos iónicos con catión trioctil(alquil)fosfonio fue satisfactoria y su aplicación en la extracción de cobalto alcanzó recuperaciones cercanas al 100 %. La extracción de cobalto mostró ser selectiva respecto del níquel, calcio y magnesio. Mediante el uso de una fase orgánica de bajo contenido de líquido iónico se puede separar selectivamente el cinc. Y con 2 etapas teóricas se obtiene una recuperación superior al 98 % de cobalto usando una fase orgánica 0.8 M de líquido iónico. El cobalto se descarga en agua de donde puede ser obtenido como un producto final.



Effect of nanosilica on drying retractions in white cement pastes

Efecto de la nanosílice en las retracciones por secado en pastas de cemento blanco

J A Quiros¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: jhquiros@unal.edu.co

Abstract. White cement is characterized by having a high alumina content in its chemical composition, releasing a high heat flux in its hydration process, producing drying shrinkage and thus fissures and cracks in its applications. The addition of Nanosilica to cement is intended to attenuate the effects of drying shrinkage due to its effects: (i) Filler: reduction of capillary pores to gel pores, due to its small size and high specific surface area. (ii) Nucleation: Its high specific surface area makes nanosilica behave as a nucleation center accelerating the hydration reaction with the increase in heat flow and production of portlandite; (iii) pozzolanic activity: Nanosilica reacts with Portlandite forming additional C-S-H which improves the mechanical properties of the paste-aggregate interface.

Resumen. El cemento blanco se caracteriza por presentar en su composición química un alto tenor en alúmina, librando un alto flujo de calor en su proceso de hidratación, produciéndose las retracciones por secado y con ello fisuras y grietas en sus aplicaciones. Con la adición de Nanosílice al cemento se pretende atenuar los efectos de la retracción por secado a razón de sus efectos: (i) Filler: reducción de los poros capilares a poros gel, en virtud a su reducido tamaño y alta área superficial específica. (ii) Nucleación: Su alta área superficial específica, hace que la Nanosílice se comporte como un centro de nucleación acelerando la reacción de hidratación con el aumento en el flujo de calor y producción de portadita; (iii) actividad puzolánicas: La Nanosílice reacciona con la Portlandita formando C-S-H adicional que mejora las propiedades mecánicas de la interface pasta-agregado.



Increase in the oil recovery factor through the injection of nanochemicals dispersed in gas

Incremento en el factor de recobro a través de la inyección de nanoquímicos dispersos en gas

J Gallego¹, D López¹, F B Cortés¹, C A Franco¹, S H Lopera², J D Marín³, C A Franco³, and R D Zabala³

¹ Grupo de Investigación de Fenómenos de Superficie - Michael Polanyi, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Grupo de Investigación en Yacimientos de Hidrocarburos, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

³ Departamento de Tecnologías de Producción, Gerencia Técnica, Vicepresidencia Técnica de Desarrollo, Bogotá, Colombia

E-mail: jfgallegoa@unal.edu.co

Abstract. In gas-condensate reservoirs with high water saturation, in which light compounds are commonly produced, it is very important to overcome the issue of capillary pressures. Various technologies as gas injection have been developed to achieve deeper penetration of the chemical and mitigate formation damage in gas-condensate tight reservoirs by mobilizing condensate banks. Therefore, the chemical treatment in the gas injection must be focused on reducing the interfacial tension, since it's the main factor in processes of gas injection in gas condensate reservoirs to increase the oil recovery factor. However, the inclusion of nanoparticles in the dispersed phase has not been reported for these processes. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of diverse nanofluids made from two silica nanoparticles (S1) dispersed in two treatments (A and B) and a third (C), which is already a nanofluid on increasing the oil recovery factor. For this purpose, the dosage selection of silica nanoparticles was made through static tests as compatibility of fluids, interfacial tension, contact angle, adsorption isotherms, and static formation of emulsions. The best nanofluids at the chosen dosage of silica nanoparticles for treatments A and B were evaluated through dynamic tests or displacements. Treatments A and C showed a great affinity for the rock in the adsorption isotherms, while treatment B had less affinity for the rock. The addition of nanoparticles (S1) to treatments A and B at a concentration of 50 and 10 mg/L respectively, led to an interfacial tension reduction of 16% and 40%, each one; and a respective water contact angle reduction of 17% and 2%. Furthermore, the addition of nanoparticles S1 promoted fewer stable emulsions, which is favorable for these processes. Finally, 26% of additional increase in oil recovery was obtained with treatment B and nanoparticles core displacement tests.

Resumen. En depósitos de gas condensado con alta saturación de agua, en los que comúnmente se producen compuestos ligeros, es muy importante superar el problema de las presiones capilares. Se han desarrollado diversas tecnologías, como la inyección de gas, para lograr una penetración más profunda de la sustancia química y mitigar el daño de la formación en los reservorios apretados de gas condensado mediante la movilización de los bancos de condensado. Por tanto, el tratamiento químico en la inyección de gas debe estar enfocado a reducir la tensión interfacial, ya que es el factor principal en los procesos de inyección de gas en reservorios de gas condensado para incrementar el factor de recuperación de petróleo. Sin embargo, no se ha reportado la inclusión de nanopartículas en la fase dispersa para estos procesos. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diversos nanofluidos elaborados a partir de dos nanopartículas de sílice (S1) dispersas en dos tratamientos (A y B) y un tercero (C), que ya es un nanofluido sobre el aumento del factor de recuperación de hidrocarburos. Para ello, la selección de dosis de nanopartículas de sílice se realizó



mediante pruebas estáticas como compatibilidad de fluidos, tensión interfacial, ángulo de contacto, isotermas de adsorción y formación estática de emulsiones. Los mejores nanofluidos a la dosis elegida de nanopartículas de sílice para los tratamientos A y B se evaluaron mediante ensayos dinámicos o desplazamientos. Los tratamientos A y C mostraron una gran afinidad por la roca en las isotermas de adsorción, mientras que el tratamiento B tuvo menos afinidad por la roca. La adición de nanopartículas (S1) a los tratamientos A y B a una concentración de 50 y 10 mg / L respectivamente, condujo a una reducción de la tensión interfacial de 16% y 40%, cada uno; y una respectiva reducción del ángulo de contacto con el agua del 17% y el 2%. Además, la adición de nanopartículas S1 promovió emulsiones menos estables, lo que es favorable para estos procesos. Finalmente, se obtuvo un 26% de aumento adicional en la recuperación de petróleo con el tratamiento B y 50 mg/L de nanopartículas S1 en las pruebas de desplazamiento.



Analysis of premature failure of a 316L stainless steel chimney by chloride stress corrosion cracking

Análisis de la falla prematura de una chimenea de acero inoxidable 316L por chloride stress corrosion cracking

J E Giraldo Barrada¹, J F Santa Marin¹, H León Henao¹, J E Morales Galeano¹,

C Betancur Quijano¹, and J Mejia Velasquez²

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Universidad de Antioquia, Medellin, Colombia

E-mail: jegirald@unal.edu.co

Abstract. The chimney receives the flue and calcination process gases from production line #1. The old chimney was replaced at the end of 2019 with a new one made of 316L stainless steel. After almost a year of service, in 2020, the chimney showed evidence of leaks and cracks in almost all welds. Cerro Matoso contracted the services of the Welding Group/Laboratory of the National University to analyze the premature failure of this chimney. The corrosion mechanisms involved were identified and the sequence of events that led to the failure was established. There was a synergy between H₂SO₄ and HCl condensation corrosion inside the chimney and stress corrosion cracking due to a chloride-containing environment (Cl-SCC) and a service temperature that exceeds the critical temperature for 316L. Cl-SCC was focused on welded joints as they have high levels of residual stresses and possible deficiencies in their Cr₂O₃ protective layer. The selected 316L steel is not suitable to perform in the service conditions of the stack.

Resumen. La chimenea recibe los gases de combustión y del proceso de calcinación de la línea de producción # 1. La antigua chimenea se reemplazó a finales del año 2019 por una nueva fabricada en acero inoxidable 316L. Después de casi un año de servicio, en el 2020, la chimenea mostró evidencias de fugas y grietas en casi todas las soldaduras. Cerro Matoso contrató los servicios del Grupo/Laboratorio de Soldadura de la Universidad Nacional para hacer el análisis de la falla prematura de esta chimenea. Se identificaron los mecanismos de corrosión involucrados y se estableció la secuencia de eventos que derivaron en la falla. Se presentó una sinergia entre la corrosión por condensación de H₂SO₄ y HCl al interior de la chimenea y el agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos debido a un ambiente con cloruros (Cl-SCC) y una temperatura de servicio que supera la crítica para el 316L. El Cl-SCC se concentró en las uniones soldadas ya que tienen altos niveles de esfuerzos residuales y posibles deficiencias en su capa protectora de Cr₂O₃. El acero 316L seleccionado no es idóneo para desempeñarse en las condiciones de servicio de la chimenea.



Additive manufacturing by fused filament fabrication of metallic components

Fabricación de piezas metálicas a través del proceso de manufactura aditiva de fabricación por filamento fundido

C Bedoya¹, S Vallejo¹, J Torres¹, H Camelo¹, J C Sánchez¹, L M Ballesteros¹, S Rudas², and A Toro¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín Colombia

E-mail: cbedoyal@unal.edu.co

Abstract. The increase in friction on mechanical systems like the tribological pairs shaft-bearing, shaft-bushing, or piston-bore increases the costs associated with energetic consumption, wear, and repairs of the elements in contact. Alternatives have been looked to mitigate these effects with machining processes improving the surface finish, being the limiting factor that, the stochastic nature of the surfaces obtained by conventional processes prevents a prediction of the behavior of the surface regarding friction and wear. GTS and GIIEN have been working in the fabrication of textured surfaces using a wide variety of manufacturing methods (additive and subtractive), obtaining promising results for the control and prediction of friction in various tribological pairs. However, in the search of the Technology Readiness Levels, TRL, of the texturing process has been noted that the use of Fused Filament Fabrication (FFF) additive manufacturing techniques is limited to be escalated to metallic elements, optimum for the intended applications due to their mechanical and thermal properties in addition to the tribological ones, due to the nature of the technique where prevails the deposition of polymeric materials and make it less attractive in comparison to other techniques applicable to the metal texturing process like the CNC micromachining, photochemical machining, electric beam melting, selective laser melting or binder jetting. This work seeks to adapt the available FFF technology to use state-of-the-art materials developed for the technology to manufacture deterministic surfaces, that have been successfully tested with polymers, in metals and provide a quality leap in the fabrication of these components for the intended applications.

Resumen. El aumento de fricción en sistemas mecánicos como los pares eje-rodamiento, eje-buje o pistón-émbolo aumenta los costos asociados al consumo energético, desgaste y reparación de los elementos en contacto. Se han buscado alternativas para mitigar estos efectos con procesos de mecanizado mejorando el acabado superficial, con la limitante de que la naturaleza estocástica de las superficies obtenidas por procesos convencionales impide una predicción del comportamiento de la superficie en función de la fricción y el desgaste. Los grupos GTS y GIIEN han trabajado en conjunto en la fabricación de superficies texturizadas por diversos métodos de manufactura (aditiva y substractiva), obteniendo resultados prometedores para el control y predicción de fricción de diversos pares tribológicos. Sin embargo, en la búsqueda del nivel de madurez tecnológica, TRL, del proceso de texturizado el grupo observó que el uso de técnicas de manufactura aditiva por filamento fundido (FFF) se queda corto para ser llevado a elementos metálicos, debido a la naturaleza de la técnica donde prima la deposición de materiales poliméricos que la hacen menos atractiva en comparación con otras técnicas aplicables al texturizado de metales como el micro mecanizado CNC, maquinado fotoquímico, electric beam melting, selective laser melting o binder jetting. Este trabajo busca adaptar la tecnología de manufactura aditiva FFF existente con las últimas innovaciones en el desarrollo de materiales disponibles con el fin de fabricar superficies determinísticas, la cual ya fue probada exitosamente para polímeros, y dar un salto de calidad en la fabricación de estos componentes metálicos.



Fique fibre bio-composites as an alternative to replace polypropylene in packaging applications

Bio-compuestos de fibras de fique como una alternativa para reemplazar polipropileno en aplicaciones de empaques

J Vargas¹, G Idárraga¹, J Meza¹, M Jalalvand², and L Yang³

¹ Diseño de Estructuras Compuestas Avanzadas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Engineering Materials, School of Engineering, University of Southampton, Southampton, United Kingdom

³ Mechanical and Aerospace Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, United Kingdom

E-mail: jovargasl@unal.edu.co

Abstract. The packaging sector highly contributes to the production of plastic pollution being one of the most damaging industries in the plastic crisis. This work studies a new biodegradable material as a replacement for traditional plastics, using PLA reinforced with short fique fibres. The material is manufactured using a torque rheometer to mix the component when fibres are added as reinforcement. Then, a hot-pressing machine is used for obtaining composite material sheets. Samples of the material are evaluated under tension using a universal servo-electric test machine. The material achieved a comparable strength of the Polypropylene, even considering that the manufacturing method is suitable and higher properties are expected using injection moulding. According to the results, the cost per kg of the bio-composite material is reduced by around 35% in comparison with using only PLA. Using 40% w/w of fibres as reinforcement is set as the optimum value due to less amount of fique limits the maximum tensile strength, while the use of higher percentage results in fibre agglomeration, higher young modulus but lower tensile strength. Finally, it is recommended to study the use of plasticizers to increase the ductility and strain of the composite material developed, which could represent higher application possibilities with custom composite materials.

Resumen. El sector del empaque contribuye en gran medida a la contaminación ocasionada por el plástico siendo una de las industrias más dañinas en esta crisis. Este trabajo estudia un nuevo material biodegradable como sustituto de los plásticos tradicionales, utilizando PLA reforzado con fibras cortas de fique. El material se fabrica utilizando un reómetro de torque para mezclar los componentes cuando se agregan fibras como refuerzo. Luego, se utiliza una máquina de termo prensado para obtener láminas de material compuesto. Las muestras del material se evalúan bajo tensión utilizando una máquina universal de ensayos. El material alcanzó una resistencia comparable al polipropileno, incluso considerando que el método de fabricación es adecuado, pero se esperarían propiedades superiores utilizando moldeo por inyección. Según los resultados, el costo por kg del material bio-compuesto se reduce alrededor de un 35% en comparación con el uso de PLA puro. El uso de 40% en peso de fibras como refuerzo se establece como el valor óptimo debido a que una menor cantidad de fique limita la resistencia máxima a la tracción del material, mientras que el uso de un porcentaje más alto da como resultado una aglomeración de fibras, un mayor módulo de Young pero una menor resistencia a la tracción. Finalmente, se recomienda estudiar el uso de plastificantes para incrementar la ductilidad y deformación del material compuesto desarrollado, lo que podría representar mayores posibilidades de aplicación con materiales compuestos a la medida.



Protection of hydraulic turbine components by WC-Co coatings applied by automatized high velocity oxy-fuel thermal spray process

Protección de componentes de turbinas hidráulicas mediante recubrimientos de WC-Co aplicados por proyección térmica “high velocity oxy-fuel” automatizada

H León¹, J Morales¹, J Mejía², and A Arboleda¹

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

E-mail: jaarboledag@unal.edu.co

Abstract. Thermal spray is a general term for a group of a coating manufacturing techniques, used to apply metallic and no metallic coatings. In these technics, a concentrated heat source is used to melt the feedstock powders, while kinetic energy is applied to project the molten particles against a surface. The aim of these processes is to extend the service life of parts like needles, runners, and buckets, that are subjected to high temperatures in thermoelectric generation, or wear applications like cavitation or erosion generated by fluid and particles in hydraulic turbines. The aim of this work is to give context to the assistants about the manufacturing coating processes, involve in the reparations and protection of hydraulic turbines components, in which there are use of important characterization tasks, like quality tests and dimensional controls, performance tests, manufacture of coatings, processes standardizations, and automatization technologies. To achieve this, it will be exposed two cases of protection of a runner and needles of Pelton turbines, ownership of the Guatapé and Sonsón hydroelectric generation plants of Empresas Públicas de Medellín.

Resumen. La proyección térmica es un término genérico para un grupo de técnicas de manufactura de recubrimientos, usadas para aplicar revestimientos metálicos y no metálicos. En estas técnicas se emplea una fuente de calor concentrada para fundir una materia prima en forma de polvo, mientras se aplica energía cinética para proyectar partículas fundidas sobre una superficie. Con estos procesos se busca extender la vida útil de piezas como agujas, rodetes o álabes, que son sometidas a altas temperaturas generación termoeléctrica, o en aplicaciones de desgaste como cavitación o erosión generada por fluidos y partículas en turbinas hidráulicas. El objetivo de este trabajo es contextualizar a los asistentes, sobre los procesos que se ven involucrados en la reparación y protección de componentes de generación hidráulica, en los cuales intervienen importantes tareas de caracterización de materiales, pruebas de calidad y control dimensional, pruebas de desempeño, manufactura de recubrimientos, estandarización de procesos y tecnologías de automatización. Para esto se expondrán dos casos de protección de rodetes y agujas de turbinas Pelton de las centrales de generación Guatapé y Sonsón 1 de Empresas Públicas de Medellín.



Smart cements

Cementos inteligentes

J D Bolaños Ortiz¹, L M Ocampo Carmona¹, and G León Mesa Betancur¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: jdbolanoso@unal.edu.co

Abstract. One of the structural damages that causes the most problems to existing civil engineering works is the corrosion of the reinforcing steel, which generally starts with an inadequate dosage of the concrete components, which generates a loss of the structural properties of the concrete. Armed until it is rendered useless and in severe cases until its collapse. This research aims to analyze different techniques, both physical and electrochemical, for the detection of corrosion in existing reinforced concrete structures, among which are potentiometric, amperometric and resistive techniques such as electro-chemical techniques for detecting anomalies and techniques that use magnetic fluxes, as well as corrosion detection using magnetic induction and infrared thermography for the case of non-invasive detection chemical techniques. As this research progresses, either one of the aforementioned techniques or a combination of them will be chosen to study it in depth and perform laboratory tests to obtain a method with the highest possible reliability and efficiency, taking into account both the project costs and the time there is to develop it.

Resumen. Uno de los daños estructurales que más problemas causa a las obras de ingeniería civil existentes, es la corrosión del acero de refuerzo, que generalmente se inicia por una dosificación inadecuada de los componentes del concreto, lo que genera una pérdida de las propiedades estructurales del concreto armado hasta llegar a su inutilización y en casos severos hasta el colapso de la misma. En esta investigación se pretende analizar diferentes técnicas tanto físicas como electroquímicas, para la detección de corrosión en estructuras de concreto armado ya existentes, entre las que se encuentran técnicas potenciométricas, amperométricas y resistivas como técnicas electro-químicas de detección de anomalías y técnicas que utilizan flujos magnéticos, del mismo modo que, detección de corrosión usando inducción magnética y termografía infrarroja para el caso de las técnicas químicas de detección no invasiva. Al avanzar esta investigación se elegirá o bien una de las técnicas mencionadas, o bien una combinación de ellas para estudiarla a profundidad y hacer ensayos de laboratorio para obtener un método con la mayor confiabilidad y eficiencia posible, teniendo en cuenta tanto los costos del proyecto como el tiempo que hay para desarrollarlo.



Recovery processes of spent pickling acids by precipitation of heavy metals with oxalic acid and tartaric acid

Procesos de recuperación de ácidos gastados de decapado mediante la precipitación de metales pesados con ácido oxálico y ácido tartárico

J J Pardo Saray¹, L Echeverry Vargas¹, L M Ocampo Carmona¹, and D J Gallego Suarez¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: jjpardos@unal.edu.co

Abstract. Spent acid pickling (SPA) solutions from hot galvanizing processes are a highly acidic and hazardous spillage rich in heavy metals mainly in Fe and Zn, these liquors are traditionally treated by neutralization, however, this process requires the regular replenishment of fresh acid to ensure effectiveness in the pickling process, and the neutralization of these solutions generates large amounts of sludge rich in heavy metals, which pose an environmental risk and waste management problem for galvanizing companies. The latter has led to the search for different alternatives for the treatment of SPA that recover some of the spent acid or can take advantage of the dissolved metals, in this sense, this project seeks to study the innovative process by chelation and precipitation of heavy metals with oxalic and tartaric acid, using molecular dynamics simulation and chemical analysis techniques to understand the acid and precipitation recovery processes of Fe and Zn, in addition, an analysis of indicators demonstrating improved sustainability of the new process will be carried out on the basis of the experimental data obtained, being thus a first step for the implementation of new technologies of treatment of spills in the industry of the galvanized.

Resumen. Las soluciones de ácidos gastados de decapado (SAGD) provenientes procesos de galvanizado en caliente son un vertimiento peligroso altamente ácido y rico en metales pesados principalmente en Fe y Zn, estos licores tradicionalmente son tratados mediante la neutralización, sin embargo, este proceso obliga a la reposición de ácido fresco periódicamente para garantizar la efectividad en el proceso de decapado, sumado a ello, la neutralización de estas soluciones generan grandes cantidades lodos ricos en metales pesados, los cuales, representan un riesgo ambiental y un problema de gestión de residuos para las empresas de galvanizado. Esto último ha llevado a buscar diferentes alternativas para el tratamiento de las SAGD que recupere parte el ácido gastado o se pueda aprovechar de los metales disueltos, en este sentido, este proyecto busca estudiar el proceso de innovador mediante la quelación y precipitación de metales pesados con ácido oxálico y tartárico, utilizando técnicas de simulación de dinámica molecular y análisis químico que permitirán entender el procesos de recuperación de ácido y precipitación del Fe y el Zn, además, basado en los datos experimentales obtenidos se realizará un análisis de indicadores que demuestre la mejora en sostenibilidad del nuevo proceso, siendo así un primer paso para el implementación de nuevas tecnologías de tratamiento de vertimientos en la industria del galvanizado.



Lightweight concrete fabrication based on hybrid cement OPC – AAC and thermoplastic residues, for the application of a thermal behavior design

Fabricación de concretos livianos a partir de cementos híbridos OPC – AAC y residuos termoplásticos, para la aplicación de un diseño del comportamiento térmico

J J Pérez¹, I Taborda¹, D González¹, A Restrepo¹, N Zapata¹, and O Restrepo¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: jujperezmo@unal.edu.co

Abstract. Supported by the Environmental Studies Institute (IDEA), seeking the mitigation of environmental impacts related to the consumption of non-renewable resources, and high emissions of CO₂ into the atmosphere, this project is formulated. Proposing the development and characterization of a lightweight concrete based on hybrid cement and thermoplastic waste, complemented with thermal simulations that allow identifying the energy consumption in the air conditioning of buildings, to propose efficient material applications.

Resumen. Por medio del apoyo del Instituto de estudios ambientales (IDEA), en pro de la mitigación de impactos ambientales relacionados con el consumo de recursos no renovables, y altas emisiones de CO₂ a la atmósfera, se formula el presente proyecto. Proponiendo el desarrollo y caracterización de un concreto liviano a partir de cemento híbrido y residuos termoplásticos, en conjunto con simulaciones térmicas que permitan conocer el consumo energético en la climatización de edificaciones, para proponer aplicaciones eficientes.



Caffeine extraction from the pulp generated in the coffee processing in Nariño, Colombia

Extracción de cafeína a partir de la pulpa generada en el proceso del beneficio de café en el departamento de Nariño, Colombia

L S Benavides¹, L M Ocampo¹, and E M Cadena¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia

E-mail: lsbenavidesm@unal.edu.co

Abstract. In this research, it is proposed to extract caffeine from the coffee pulp generated in Nariño using an unconventional method such as extraction with supercritical fluids, since with this method it has been shown that caffeine can be obtained in other coffee residues. The challenge consists of optimizing parameters such as temperature, pressure, extraction time, solvent flow (carbon dioxide) and co-solvent flow (ethanol) and concentration; this will be done by using an experimental design known as a 2k-1 fractional factorial design. The effect of the extraction process variables will be determined based on the amount of caffeine obtained and the extraction performance in relation to the processed raw material. According to the variables with the greatest importance according to statistical analysis, the optimization process will be carried out through a central compound design (DCC) to maximize the extraction yield and caffeine purity. Finally, the caffeine obtained will be purified for subsequent application in the synthesis of ionic liquids.

Resumen. En esta investigación se propone extraer cafeína a partir de la pulpa de café generada en el departamento de Nariño utilizando un método no convencional como la extracción con fluidos supercríticos, ya que con este método se ha demostrado que se puede obtener cafeína en otros residuos del café. El reto consiste en optimizar parámetros como temperatura, presión, tiempo de extracción, flujo de solvente (dióxido de carbono) y flujo y concentración de co-solvente (etanol); esto se realizará mediante el uso de un diseño experimental conocido como diseño factorial fraccionado 2k-1. El efecto de las variables del proceso de extracción se determinará en función de la cantidad de cafeína obtenida y el rendimiento de extracción en relación a materia prima procesada. De acuerdo a las variables con mayor importancia según análisis estadístico, se realizará el proceso de optimización a través de un diseño central compuesto (DCC) para maximizar el rendimiento de extracción y pureza de cafeína. Finalmente se purificará la cafeína obtenida para posterior aplicación en síntesis de líquidos iónicos.



Kinetics of sphalerite bioleaching by pure cultures and mixture of acidithiobacillus ferrooxidans, acidithiobacillus thiooxidans and leptospirillum ferrooxidans

Cinética de la biolixiviación de la esfalerita mediante cultivos puros y mixtos de acidithiobacillus ferrooxidans, acidithiobacillus thiooxidans y leptospirillum ferrooxidans

L M Miranda Arroyave¹, L M Ocampo Carmona¹, and M A Márquez Godoy¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: lmmirandaar@unal.edu.co

Abstract. The kinetics of the bioleaching process and the adaptive capacity of the pure and mixed cultures of the strains *A. ferrooxidans*, *L. ferrooxidans* and *A. thiooxidans* were evaluated, by means of formal bioleaching tests, which consisted in the measurement of Eh, pH, biomass, and determination of Zn⁺² over time. The laboratory-scale results of the adaptation process showed, on the one hand, the ability of these microorganisms to survive in complex environments, and on the other hand, the advantage of using mixed cultures, thus, the highest percentage of dissolution of Zn, which was 69.5%, was achieved with the culture [A. ferrooxidans + L. ferrooxidans + A. thiooxidans].

Resumen. Se evalúo la cinética del proceso de biolixiviación y la capacidad adaptativa de los cultivos puros y mixtos de las cepas *A. ferrooxidans*, *L. ferrooxidans* y *A. thiooxidans*, por medio de ensayos formales de biolixiviación, que consistieron en la medición de Eh, pH, biomasa y determinación de Zn⁺² durante el tiempo. Los resultados a escala de laboratorio del proceso de adaptación evidenciaron, por un lado, la facultad de estos microrganismos a sobrevivir en ambientes complejos, y por otro lado, la ventaja de emplear cultivos en mezcla, de este modo, el mayor porcentaje de disolución de Zn que fue del 69,5%, se logró con el cultivo [A. ferrooxidans + L. ferrooxidans + A. thiooxidans].



Modeling of oxidation kinetics in dry sliding pairs - flash temperature incidence

Modelado de cinética de oxidación en pares deslizantes en seco - incidencia de la temperatura flash

M A Valdés Canaval¹, S Zambrano¹, A Toro², and J S Rudas¹

¹ Grupo de Investigación e Innovación en Energía, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia

² Grupo de Tribología y Superficies, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: m.valdes188@pascualbravo.edu.co

Abstract. As a result of the dry sliding contact between metal pairs a large amount of energy is generated in the form of heat between the surfaces increasing their temperature. The oxides generated are subsequently mechanically affected because of the relative movement between the bodies, increasing the rate of wear. In the present work, a theoretical model was developed to predict the flash temperature (temperature of the asperities in contact) produced by friction on dry sliding surfaces, considering the Kennedy contact temperature model, the plastic contact theory, the kinetics of the pin-on-disk testing configuration and the heat dissipation. In addition, a relationship between the flash temperature and the formation of oxides on the surfaces in contact was found. Taking as a reference the chemical reactions between the bodies, a model for prediction of oxide formation in pearlitic steel was proposed differentiating the type of oxide: three possible products of the reaction with oxygen: "hematite" Fe₂O₃, "magnetite" Fe₃O₄ or "wüstite" FeO. With the developed model, it was possible to dynamically predict the flash temperature at the contact surface and the thickness of the generated oxide. The oxidative model was validated and analysed considering previous works of Quinn, Sethuramiah and Kumar among other authors, . The proposed models predict with certainty the temperature and oxidative mechanisms in dry sliding processes being a useful tool for analysing the components of a mechanical system and developing maintenance protocols.

Resumen. Como resultado del contacto deslizante en seco entre pares metálicos se genera una gran cantidad de energía en forma de calor entre las superficies incrementando su temperatura. Al aumentar la temperatura los sólidos llegan a superar la barrera de energía de activación necesaria para estimular la generación de óxidos en la capa superficial en contacto. Los óxidos generados son posteriormente degradados mecánicamente debido al movimiento relativo entre los cuerpos, aumentando la tasa de desgaste. En el presente trabajo se desarrolló un modelo teórico para predecir la temperatura de flash (temperatura de las asperezas en contacto) producida por la fricción sobre superficies deslizantes en seco, considerando el modelo de temperatura de contacto de Kennedy¹, la teoría del contacto plástico, la cinética de la configuración de ensayos pin-disco y la disipación de calor. Además, se estableció una relación entre la temperatura flash y la formación de óxidos en las superficies en contacto. Tomando como referencia las reacciones químicas entre los cuerpos se propuso un modelo de predicción de óxidos en aceros perlíticos diferenciando el tipo de óxido: tres posibles productos de la reacción con oxígeno: "hematita" Fe₂O₃, "magnetita" Fe₃O₄ o "wüstita" FeO. Con el modelo desarrollado, fue posible predecir dinámicamente la temperatura flash en la superficie de contacto y el espesor del óxido generado. El modelo oxidativo fue validado y analizado considerando trabajos previos de Quinn, Sethuramiah y Kumar entre otros autores^{2,3}. Los modelos propuestos predicen con certeza la temperatura y los mecanismos oxidativos en los procesos de deslizamiento en seco siendo una herramienta útil para analizar los componentes de un sistema mecánico y desarrollar protocolos de mantenimiento.



Industrial use of recycling Ti6Al4V chips

Aprovechamiento industrial del reciclado de virutas de Ti6Al4V

M Gonzalez Jimenez¹, Y A Franco Marquez¹, and H A Estupiñan Duran¹

¹ Grupo de Investigación en Biosuperficies, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: magonzalezji@unal.edu.co

Abstract. The purpose of this project is to analyse the feasibility of using Ti6Al4V chips as raw material for the elaboration of a wide range of engineering elements with a projected emphasis on biomedical elements (this material is widely used in medical applications such as bone fixation). The first stage of the process consists of a visual selection of the chips from machining processes and then proceed to cleaning with a solution of acetone and water, later the collected chips go through a pulverization process by a Planetary ball mill (PM-100 RETSCH) in which 3 grinding times are imposed at the same rotation speed of 1, 2 and 3 hours to evaluate the impact of this parameter on the final sintering of the powder, once the material is pulverized, a characterization of the morphology, composition and size of the powders is made by means of SEM, EDS and RAMAN, thus deriving in objective conclusions about the viability of being sintered in additive manufacturing processes (3D Printing).

Resumen. Este proyecto tiene por objeto de interés el análisis de la viabilidad de la utilización de virutas de Ti6Al4V como materia prima para la elaboración de una amplia gama de elementos ingenieriles con un énfasis proyectado en elementos biomédicos (este material es ampliamente utilizado en aplicaciones medicas como fijación ósea). La primera etapa del proceso consiste en una selección visual de las virutas provenientes de procesos de manufactura como CNC o torneado para proceder a hacer una limpieza con una solución de acetona y agua, posteriormente la viruta recolectada pasa por un proceso de pulverización por medio de un Molino de bolas planetario (PM-100 RETSCH) en el que se imponen 3 tiempos de molienda a la misma velocidad de giro de 1, 2 y 3 horas para evaluar el impacto de este parámetro en la sinterización final del polvo, una vez obtenido el material pulverizado se hace una caracterización de la morfología, composición y tamaño de los polvos por medio de SEM, EDS y RAMAN, derivando así en conclusiones objetivas acerca de la viabilidad de ser sinterizadas en procesos de manufactura aditiva (Impresión 3D).



Comparison of texturizing methods by additive and subtractive manufacturing and their tribological performance on a polymer-metal tribological pair

Comparación de procesos de texturizado por manufactura aditiva y sustractiva y su desempeño tribológico en un par tribológico polímero-metal

L M Ballesteros¹, D Cano¹, L F Jiménez¹, C A García¹, L V Giraldo¹, E Rave², S Rudas², and A Toro¹

¹ Grupo de Tribología y Superficies, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Grupo de Investigación en Energías e Innovación, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia

E-mail: lmballesteroso@unal.edu.co

Abstract. Order arrangement of surface textures to control the contact area of sliding mechanical components have been demonstrated to reduce friction generated on the contact interface. In this work a comparative analysis between two manufacturing techniques of texturization, 3D printing as a additive manufacturing method and micro CNC as a subtractive manufacturing technique. The comparative analysis includes, a metrological evaluation, surface finishing and tribological performance with the respective study of the main wear mechanisms. Results evidence a positive effect on the friction response of patterned surfaces in contrast to stochastic surfaces, i.e., non-texturized surfaces. Abrasion and adhesion were identified as the main wear mechanisms of textures while the counter body did not evidence an apparent wear mechanism. With the preliminary results it can be concluded that both techniques are capable of control and predict friction in sliding surfaces being micro-CNC technique a method with better repeatability and surface finishing than 3D printing.

Resumen. La imposición de texturas con arreglos ordenados con el fin de controlar el área de contacto entre pares mecánicos en deslizamiento ha demostrado reducir las fuerzas de fricción generadas en la interfaz de contacto. En el presente trabajo se desarrolló un análisis comparativo de dos técnicas de manufactura de superficies texturizadas, estas son: impresión 3D como técnica de manufactura aditiva y micro CNC como técnica de manufactura sustractiva. El análisis comparativo incluye una evaluación metrológica, de calidad superficial y desempeño tribológico como también la identificación de principales mecanismos de desgaste de las superficies texturizadas. Los resultados evidenciaron el efecto positivo en la respuesta en fricción de las superficies texturizadas respecto a superficies estocásticas, es decir superficies sin texturas. También se identificaron mecanismos de desgaste de abrasión y adhesión como mecanismos de desgaste de las superficies texturizadas mientras que el contracuerpo no presentó daños aparentes. Por último, se pudo concluir que ambas técnicas son aptas para ser empleadas para el control y predicción de fricción en superficies deslizantes siendo el texturizado por micro-CNC una técnica con mejor repetibilidad y acabado superficial que la impresión 3D.



Design and construction of a diesel engine bench for tribological testing of textured components

Diseño y construcción de banco motor diésel para ensayo tribológico de componentes texturizados

M Valdés¹, E González², S Rave², E Rave², J S Rudas², and A Toro¹

¹ Grupo de Tribología y Superficies, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Grupo de Investigación en Energías e Innovación, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia

E-mail: mvaldeso@unal.edu.co

Abstract. Today our lifestyle based on the consumption of fossil fuels and the inefficient use of energy has generated a problem of environmental pollution caused by the emission of greenhouse gases. To solve this problem, it is important to reduce friction losses that represent more than 20% in diesel engines that are the most used for transportation. There are different tribological techniques for reducing friction, among them is texturing, which is a technique that allows modifying the topography of the surface to reduce friction. Based on the above, it is necessary to build an engine bench that help to evaluate the tribological performance of textured components of the diesel engine. In the Research and Innovation in energy group of the Institución Universitaria Pascual Bravo, a motor bench is being built in alliance with the Tribology and Surfaces group of the Universidad Nacional that allows the tribological testing of textured components.

Resumen. Hoy en día nuestro estilo de vida basado en el consumo de combustibles fósiles y el uso ineficiente de la energía ha generado un problema de contaminación ambiental provocado por la emisión de gases de efecto invernadero. Para solucionar este problema es importante reducir las pérdidas por fricción que representan más del 20% en los motores diésel que son los más usados para el transporte. Existen diferentes técnicas tribológicas para la reducción de la fricción, entre ellas está el texturizado el cual es una técnica que permite modificar la topográfica de la superficie para reducir la fricción. Según lo anterior es necesario construir un banco motor que ayude a evaluar el desempeño tribológico de los componentes texturizados del motor diésel. En el grupo de Investigación e Innovación en energía de la Institución Universitaria Pascual Bravo se está construyendo un banco motor en alianza con el grupo de Tribología y Superficies de la Universidad Nacional que permita el ensayo tribológico de componentes texturizados.



Computational simulation of thermal phenomena in a box furnace with radiant tubes

Simulación computacional de los fenómenos térmicos en un horno de bóveda con tubos radiantes

E Foronda Obando¹, M E Muñoz Amariles², and A O Toro Betancur¹

¹ Departamento de Materiales y Minerales, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: eforondao@unal.edu.co

Abstract. The design of furnaces for heat treatment of parts of power generation plants presents challenges arising from factors such as the dimensional diversity of the parts to be treated, their sensitivity to high thermal gradients and the large number of variables that determine the performance of the furnaces under multiple environmental and operational conditions. Computational simulation provides designers with efficient tools for decision-making in these types of problems whose complexity usually requires non-intuitive solutions. In this work, numerical models are implemented to analyze the heat transfer mechanisms in a box furnace with radiant tubes for the heat treatment of components that have been repaired by welding processes and thermal spray. The steady state energy equation is solved in a commercial CFD (Computational Fluid Dynamics) software using the surface-to-surface radiation model for calculating the temperature distribution in the furnace. The models developed allow to evaluate the thermal performance of the furnace and make design decisions related to geometric sizing, selection of thermal insulation materials, estimation of thermal gradients in the parts during heat treatment and energy losses to the environment. The results obtained are consistent with other modeling methodologies and can be extended to complementary studies, including transient analysis and the introduction of forced convection into the internal atmosphere.

Resumen. El diseño de hornos para tratamiento térmico de piezas de centrales de generación de energía representa desafíos originados en factores como la diversidad dimensional de las piezas a tratar, su sensibilidad a gradientes térmicos elevados y el gran número de variables que determinan el desempeño de los hornos ante múltiples condiciones ambientales y operativas. La simulación computacional provee a los diseñadores herramientas eficientes para la toma de decisiones en este tipo de problemas cuya complejidad requiere de soluciones usualmente no intuitivas. En este trabajo se implementan modelos numéricos para analizar los mecanismos de transferencia de calor en un horno de bóveda con tubos radiantes para el tratamiento térmico de componentes que han sido reparados mediante procesos de soldadura y aspersión térmica. La ecuación de la energía en estado estacionario es resuelta en un software comercial de CFD (Dinámica de Fluidos Computacional) utilizando el modelo de radiación superficie a superficie en el cálculo de la distribución de temperaturas en el horno. Los modelos desarrollados permiten evaluar el desempeño térmico del horno y tomar decisiones de diseño relacionadas con el dimensionamiento geométrico, la selección de materiales de aislamiento térmico, la estimación de gradientes térmicos en las piezas durante el tratamiento térmico y de las pérdidas energéticas al ambiente. Los resultados obtenidos presentan consistencia con otras metodologías de modelamiento y pueden ser extendidos a estudios complementarios, incluyendo el análisis transitorio y la introducción de convección forzada en la atmósfera interna.



Modelling and simulation of the heat transfer in a cold wall vacuum furnace for the heat treatment of critical parts from electric generation plants

Modelado y simulación de la transferencia de calor en un horno de pared fría para el tratamiento térmico de piezas de centrales de generación eléctrica

P Restrepo-Barrientos¹, J C Maya¹, and M E Muñoz Amariles¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: prestrepob@unal.edu.co

Abstract. In this work, a new mathematical model that allows the simulation of thermal behaviour on steady/transient state of a cold-wall vacuum furnace is developed. This model can predict the evolution of both temperature profiles and power consumption over time, which are the most important thermal variables in the design of this type of devices. The developed model was used to simulate a heat treatment furnace for critical components of thermoelectric and gas plants with a load up to 2.5 ton, and their predictions for steady state were compared with those of a conventional finite element package, obtaining a computational cost 120 times smaller for the model of this work. On the other hand, the model allowed the design of a solution to decrease the cooling time after heat treatment by using a forced convection system. In this way, it was possible to reduce the cooling time from 200 hours in vacuum operation to 65 hours with the forced convection system.

Resumen. En este trabajo se desarrolló un nuevo modelo matemático que permite la simulación del comportamiento térmico en estados estacionario y transitorio de un horno de retorta de pared fría. Este modelo puede predecir el comportamiento de los perfiles de temperatura y el consumo de potencia en el tiempo, estas son las dos variables más importantes en el desarrollo de este tipo de equipos. Además, el modelo desarrollado se usó para simular el tratamiento térmico de componentes críticas de centrales termoeléctricas y de gas con una carga de hasta 2.5 ton, los resultados para el estado estacionario se compararon con un software convencional de elementos finitos y se obtuvo un costo computacional 120 veces menor. Finalmente, el modelo permite la implementación de una solución para disminuir el tiempo de enfriamiento de las piezas luego del tratamiento con el uso de convección forzada. En ese sentido, fue posible reducir el tiempo de enfriamiento de 200 horas en vacío a 65 horas con el uso de convección forzada.



Modeling the behavior of copper present in industrial wastewater discharged to the public sewer by a copper plating company

Modelación del comportamiento del cobre presente en las aguas residuales industriales vertidas al alcantarillado público

P A Suárez Vanegas¹, D J Gallego Suárez¹, and L M Ocampo Carmona¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: svpaulaa@unal.edu.co

Abstract. The work carried out in the thesis Modeling the behavior of copper present in industrial wastewater discharged to the public sewer by a copper plating company, seeks to know the behavior of copper (II) ion from the discharges made by a copper plating company if they were to come into contact with the public sewer, thus proposing a possible exposure of wastewater of domestic origin to a metallic content, conceiving the sewer as a plug-flow reactor and considering its interaction with the biomass present in this water. The work carried out was funded by the project "Red Unalmed para la sostenibilidad ambiental" with code Hermes 44547 of the national call for the promotion of research, artistic creation and innovation alliances of the Universidad Nacional de Colombia, 2018-2019. For this purpose, the phenomenon was modeled by scaling up at laboratory level the composition of industrial and domestic wastewater, in the Shaker 01 equipment of the Sanitary Engineering Laboratory of the Faculty of Mines of the National University of Colombia-Medellín. Two tests were carried out in duplicate, varying pH to 5 and 7, in addition to the blank (without copper), in the equipment with 15 beakers that represented the differentials in which the reactor (sewage) was divided, being agitated at 180 rpm during 75 minutes; theoretical time that the wastewater takes to travel from its point of origin to the entrance of the San Fernando WWTP in the city of Medellín. These tests were followed by copper concentration measurements at the Minerals Institute-CIMEX, heterotrophic counting at the Microbiology Laboratory and total suspended solids concentration at the Sanitary Engineering Laboratory, all of which are part of the National University. Prior to this stage, a measurement of the inhibition of the respiratory activity caused by copper in the biomass of the wastewater was carried out. The domestic wastewater used in the experimental trials corresponds to a synthetic preparation water with sludge content from the Aguas Claras WWTP, to ensure the conditions of domestic effluents. The copper content was added by scaling the concentration obtained from the characterization of the industrial discharges from the copper plating company. In addition, the MIKE URBAN software developed by the Danish Hydraulic Institute (DHI) was used to simulate the behavior of copper and microorganisms along the route of the constructed sewage network and finally, the experimental data obtained were analyzed in two adsorption kinetic models in order to observe the adsorption speed of the microorganisms against copper. The results obtained lead to prove the bactericidal effect of copper on the microorganisms present in the wastewater, as well as the physical adsorption process between the two pollutants. It was also shown that the sewer has a hydraulic behavior like that of a PFR, which results in an advective-diffusive transport of the pollutants as shown in the simulation.

Resumen. El trabajo realizado en la tesis Modelación del comportamiento del cobre presente en las aguas residuales industriales vertidas al alcantarillado público por una empresa de cobrizado, busca conocer el comportamiento del ion cobre (II) proveniente de los vertimientos realizados por una empresa de cobrizado si entraran en contacto con el alcantarillado público, planteando así una posible exposición de aguas residuales de origen doméstico frente a un contenido metálico, concibiendo entonces el alcantarillado como un reactor de tipo flujo-pistón y considerando su interacción con la biomasa presente en estas aguas. El trabajo realizado fue financiado por el proyecto "Red Unalmed para la sostenibilidad ambiental" con código Hermes 44547 de la convocatoria nacional para el fomento de alianzas de investigación, creación artística



e innovación de la Universidad Nacional de Colombia, 2018-2019. Para ello se modeló el fenómeno mediante un escalado a nivel laboratorio de la composición de las aguas residuales industriales y domésticas, en el equipo Shaker 01 del laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. Se realizaron dos ensayos por duplicado, variando pH a 5 y 7, además del blanco (sin cobre), en el equipo al disponer 15 beaker que representaban los diferenciales en que se dividió el reactor (alcantarillado), siendo agitados a 180 rpm durante 75 minutos; tiempo teórico que dura el posible vertimiento en recorrer desde su punto de origen hasta la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales. A estos ensayos se les hizo medición de concentración de cobre en el Instituto de Minerales-CIMEX, conteo de heterótrofos en el Laboratorio de Microbiología y concentración de sólidos suspendidos totales en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria; todos adscritos a la Universidad Nacional de Colombia. Previo a esta etapa, se realizó una medición de la inhibición de la actividad respiratoria ocasionada por el cobre en la biomasa de las aguas residuales. Las aguas residuales domésticas empleadas en los ensayos experimentales corresponden a un agua de preparación sintética con contenido de lodos provenientes de la PTAR Aguas Claras, para asegurar las condiciones de los efluentes domésticos. El contenido de cobre fue adicionado al escalar la concentración obtenida de la caracterización de los residuos líquidos industriales provenientes de la empresa de cobrizado. Además, se empleó el software MIKE URBAN desarrollado por Danish Hydraulic Institute (DHI por sus siglas en inglés) para simular el comportamiento del cobre en presencia de microorganismos a lo largo del recorrido de la red de alcantarillado planteada y finalmente los datos experimentales obtenidos se analizaron en dos modelos de cinética de adsorción con el fin de observar la velocidad de adsorción de los microorganismos frente al cobre. Los resultados obtenidos llevan a comprobar el efecto bactericida del cobre sobre los microorganismos presentes en el agua residual, así como el proceso de adsorción física entre ambos contaminantes. Se pudo evidenciar también que el alcantarillado presenta un comportamiento hidráulico como el de un reactor flujo-pistón, lo que deriva en un transporte advectivo-difusivo de los contaminantes.



Design and prototype of a low power wind turbine rotor using natural fique fibers

Diseño y prototipo del rotor de una turbina eólica de baja potencia utilizando fibras naturales de fique

S Marín Jiménez¹, G A Idarraga¹, and J M Meza¹

¹ Diseño de Estructuras Compuestas Avanzadas, Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: samarinji@unal.edu.co

Abstract. Low power wind turbines are an alternative for the micro-generation of electrical energy in rural areas not interconnected to the grid, which correspond to 52% of the national territory. The blade design of these turbines is very important due to its high influence on the energy efficiency and the manufacturing costs. In this research, the rotor of a 1.7 m diameter wind turbine was designed, based on previous designs carried out by the NGO WindAid Institute and the Airbus' ProtoSpace laboratory. For this design, the aerodynamic efficiency of the blade was considered, and a structural analysis was carried out using the finite element method with the load conditions in Cabo de la Vela - La Guajira. The proposed geometry design allows an increase in energy efficiency of 10% and a weight saving of 60%. Additionally, the first laboratory tests were carried out to evaluate the possible use of a composite material reinforced with natural fique fibers in the blades, with the aim of reducing the manufacturing cost of the wind turbine rotor.

Resumen. Las turbinas eólicas de baja potencia son una alternativa para la micro-generación de energía eléctrica en zonas no interconectadas a la red, las cuales corresponden a un 52% del territorio nacional. El diseño de los álabes de estas turbinas es de gran importancia debido a su alta influencia en la eficiencia energética y en sus costos de fabricación. En esta investigación se diseñó el rotor de una turbina eólica de 1.7 m de diámetro, partiendo de los diseños previos realizados por la ONG WindAid Institute y del laboratorio ProtoSpace de Airbus. Para el diseño, se tuvo en cuenta la eficiencia aerodinámica del álabe y se realizó un análisis estructural, utilizando el método de los elementos finitos, con las condiciones de carga del Cabo de la Vela - La Guajira. La geometría y el diseño del material propuesto permiten un aumento en eficiencia energética de alrededor del 10% y un ahorro en peso del 60%. Adicionalmente, se realizaron las primeras pruebas de laboratorio para evaluar el posible uso de un material compuesto reforzado con fibras de fique en la manufactura de los álabes, con lo que se pretende disminuir significativamente el costo de fabricación del rotor de las turbinas eólicas.



Evaluation of caffeine-modified electrokinetic properties in monazite flotation

Evaluación de las propiedades electrocinéticas modificadas con cafeína en la flotación de monacita

S Barrientos¹, L M Ocampo Carmona¹, and L Echeverry¹

¹ Grupo Ciencia y Tecnología de Materiales, Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Colombia

E-mail: sebarrientosbe@unal.edu.co

Abstract. Technological development in recent decades has driven the use of rare earth elements (REE), key components in a wide variety of industries due to their unique properties. One of the main commercial mineral sources of REE is monazite, a phosphate of REE that represents the main commercial source of cerium, found mainly in placer deposits (alluvial sands) and generally beneficiated by gravimetric, magnetic and electrostatic processes. When the grains are too fine, flotation is used for technical and economic reasons, a versatile and polyvalent method to separate minerals taking advantage of the differences in their physicochemical properties. For this work, monazite samples obtained from a concentration process of black sands were used, provided by the company Mineros S.A. (El Bagre, Antioquia). (El Bagre, Antioquia), in order to investigate the surface properties of monazite by means of zeta potential measurements and microflotation tests with AERO 704 and AERO OX100 collectors using a 125 mL Partridge-Smith microflotation cell. The results of the zeta potential measurements showed that the isoelectric point of monazite occurs at a pH of approximately 4.3. In addition, microflotation tests evidenced that the collectors adsorb on monazite at pH higher than 5, obtaining a maximum recovery of 97.3% at pH 7 for the AERO 704 collector and 91.8% at pH 9 for the AERO OX100 collector. Tests where caffeine (100 mg/L) was used as a collector showed a monazite recovery of 86.5% at pH 7.

Resumen. El desarrollo tecnológico de las últimas décadas ha impulsado el uso de los elementos de tierras raras (ETRs), componentes claves en una amplia variedad de industrias gracias a sus propiedades únicas. Una de las principales fuentes minerales comerciales de ETRs es la monacita, un fosfato de ETRs que representa la principal fuente comercial de cerio, encontrada principalmente en depósitos de placer (arenas aluviales) y beneficiadas generalmente por medio de procesos gravimétricos, magnéticos y electrostáticos. Cuando los granos son demasiado finos, se emplea por razones técnicas y económicas la flotación, un método polivalente y versátil para separar minerales aprovechando las diferencias en sus propiedades fisicoquímicas. Para este trabajo fueron utilizadas muestras de monacita obtenidas de un proceso de concentración de arenas negras cedidas por la empresa Mineros S.A. (El Bagre, Antioquia), con el propósito de investigar las propiedades superficiales de la monacita por medio de mediciones de potencial zeta y pruebas de microflotación con los colectores AERO 704 y AERO OX100 utilizando una celda de microflotación Partridge - Smith de 125 mL. Los resultados de las mediciones del potencial zeta mostraron que el punto isoeléctrico de la monacita se produce a un pH de aproximadamente 4.3. Además, los ensayos de microflotación evidenciaron que los colectores se adsorben en la monacita a pH superiores de 5, obteniéndose una recuperación máxima de 97.3% a pH 7 para el colector AERO 704 y 91.8% a pH 9 para el colector AERO OX100. Los ensayos donde se utilizó cafeína (100 mg/L) como colector mostró una recuperación de monacita de 86.5% a pH 7.



Effect of the spray parameters on the microstructure of the coatings (BC) nicocraly applied using high-velocity oxy fuel on super alloy substrate base nickel

Efecto de los parametros de proyeccion sobre la microestructura de la capa de anclaje (BC) nicocraly aplicado mediante high-velocity oxy fuel sobre sustrato super aleacion base niquel

S Sanchez¹, A Arboleda¹, and A Toro¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: ssanchezgo@unal.edu.co

Abstract. In this paper the effect of spray parameter on metal superalloy Inconel 625, spray parameter was evaluated spray distance and fuel flow, over microstructure of coatings NiCoCrAlY applied by High-velocity oxy fuel (HVOF). The microstructures were carried out according to threshold process. The results showed that there is a significant effect on fuel flow an effect on thickness.

Resumen. Para este trabajo se tomaron parametros de proyeccion como distancia de proyeccion y el flujo de combustible utilizando el equipo de combustion de alta velocidad (high-velocity oxy fuel HVOF) sobre sustrato Inconel 625 donde se estudia la microestructura evaluada mediante procedimiento threshold en el analisis de imagen. Los resultados muestra un efecto significativo en los parametros y el espesor del recubrimiento.



Synthesis of nanoparticles from effluents from pickling and degallating stages of the hot-dip galvanizing industry

Síntesis de nanopartículas a partir de efluentes de las etapas de decapado y desgalvanizado de la industria de galvanizado en caliente

J D Torres De La Ossa¹, M J Vasquez Canabal¹, M F Torres Perdomo¹, A Ramírez Marin¹, and L M Ocampo Carmona¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia

E-mail: jdtorresde@unal.edu.co

Abstract. Hot galvanizing is an industrial process in which steel parts are immersed in a bath of molten zinc, with the aim of improving their resistance to corrosion due to environmental factors. This process generates effluents rich in iron and zinc ions that can be used for the synthesis of nanoparticles. An industrial visit was made to the galvanizing company GALCO S.A located in the city of Itagüí, with the aim of deepening our knowledge about the galvanizing process. Spent solution samples were collected from the pickling and dezincification stages, which were subsequently characterized and found a concentration of zinc and iron ions of 182.2700 ± 0.0001 g/L and 161.0800 ± 0.0001 g/L respectively. Three potential chemical synthesis routes are proposed to obtain zinc and iron oxide nanoparticles from effluents from the hot galvanizing industry GALCO SA: co-precipitation with urea and sodium hydroxide, co-precipitation with sodium hydroxide and the sol-gel route with ethylene glycol. Multiple tests are carried out varying the concentration of the reagents in all cases and adding ultrasound to the technique in order to improve the dispersion of particles.

Resumen. El galvanizado en caliente es un proceso industrial en el que piezas de acero son sumergidas en un baño de zinc fundido, con el objetivo de mejorar su resistencia a la corrosión por factores ambientales. Este proceso genera efluentes ricos en iones de hierro y zinc que se pueden aprovechar para la síntesis de nanopartículas. Se realizó una visita industrial a la empresa de galvanizado GALCO S.A ubicada en la ciudad de Itagüí, con el objetivo de profundizar nuestros conocimientos acerca del proceso de galvanizado. Se recolectaron muestras de solución gastada de las etapas de decapado y desgalvanizado, a las cuales se les realizó una posterior caracterización y se encontró una concentración de iones de zinc y hierro de $182,2700 \pm 0,0001$ g/L y $161,0800 \pm 0,0001$ g/L respectivamente. Se plantean tres potenciales rutas de síntesis química para la obtención de nanopartículas de óxidos de zinc y hierro a partir de efluentes de la industria de galvanizado en caliente GALCO SA: co-precipitación con urea e hidróxido de sodio, co-precipitación con hidróxido de sodio y ruta sol-gel con etilenglicol. Se realizan multiples ensayos variando la concentración de los reactivos en todos los casos y agregando ultrasonido a la técnica con el fin de mejorar la dispersión de partículas.



Coating of Ti6Al4V surface with graphene nanoparticles by electrolytic plasma oxidation for its potential use in bone repair

Recubrimiento de superficies de Ti6Al4V con nanopartículas de grafeno por oxidación por plasma electrolítico para su potencial uso en reparación ósea

Y A Franco Márquez¹, M Gonzalez Jimenez¹, and H A Estupiñan Duran¹

¹ Grupo de Investigación en Biosuperficies, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: yfranco@unal.edu.co

Abstract. In this project, a coating was carried out with the inclusion of graphene nanoparticles on Ti6Al4V, a material widely used in bone fixation, using the electrolytic plasma oxidation method; previously carrying out a preparation of the surfaces, followed by an anodizing process, for which the direct current method was used, seeking to favor the growth of preferential oxides of titanium; Later, the proposed coating development stage was followed, in which a standard solution enriched with PO₄-2 and Ca + 2 and another solution with the added graphene nanoparticles was used. After having the graphene coating, tests were carried out in which several of the samples were subjected to thermal treatments and sputtering, searching with each of the proposed parameters, especially with the integration of graphene to the structure. and composition of the surface coating, obtain a highly osteoinductive material, with high cell viability and biocompatibility, thereby achieving a prototype that allows promoting bone regeneration, thus promoting cell growth within the same bone structure and not significantly on the implant, behaving as a means that guides and promotes the recovery of bone tissue.

Resumen. En este proyecto se realizó un recubrimiento con inclusión de nanopartículas de grafeno sobre Ti6Al4V, material ampliamente utilizado en fijación ósea, utilizando para ello el método de oxidación por plasma electrolítico; realizando previamente una preparación de las superficies, seguido de un proceso de anodizado, para el cual se utilizó el método de corriente continua, buscando favorecer el crecimiento de óxidos preferenciales de titanio; posteriormente se dio paso a la etapa de desarrollo del recubrimiento planteado, en el que se utilizó una solución patrón enriquecida con PO₄-2 y Ca+2 y otra solución con las nanopartículas de grafeno adicionadas. Luego de tener el recubrimiento con grafeno, se llevó a cabo unos ensayos en los que varias de las muestras se sometieron a unos tratamientos térmicos y de pulverización catódica, buscando con cada uno de los parámetros propuestos, especialmente con la integración del grafeno a la estructura y composición del recubrimiento superficial, obtener un material altamente osteoinductivo, con alta viabilidad celular y biocompatibilidad, logrando con ello obtener un prototipo que permita promover la regeneración ósea, propiciando así el crecimiento celular dentro de la misma estructura ósea y no significativamente sobre el implante, comportándose éste como un medio que oriente y promueva la recuperación del tejido óseo.



YSZ powder development by grinding for APS

Desarrollo de polvos de YSZ mediante molienda para APS

L M Chica Osorio¹, and J Román Román²

¹ Universidad de Medellín, Medellin, Colombia

² Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia

E-mail: jromanr@unal.edu.co

Abstract. In this project, the designs and tests were carried out to grind yttria stabilized zirconia powder (YSZ), considering that its distribution characteristics and particle size (DTP) correspond to those required to carry out the application with the thermal spray technique by atmospheric plasma APS. All of the above with the aim of doing it with low-cost technologies. The composition of the phases in the powder were evaluated according to the X-ray diffraction technique (XRD) and the obtaining of particles smaller than 74 µm and 20 µm, for which the 200 and 635 meshes were used in addition to qualitative inspections by scanning electron microscope (SEM). Regarding the possible generation of the monoclinic phase as a consequence of the martensitic transition promoted by the stresses during grinding, the XRDs show that grinding does not generate such changes, and the powder remains with a composition of tetragonal and cubic phases. On obtaining fine particles, it is determined that grinding increases those smaller than 74 µm from 56.25% to 94.15%, and those smaller than 20 µm from 0% to 7.58% with respect to the total mass; This is corroborated with the SEM images in which a DTP with a greater amount of fines is observed.

Resumen. En este proyecto se ejecutaron los diseños y pruebas para moler polvo de circonia estabilizada con itria (YSZ) y que sus características de distribución y tamaño de partícula (DTP) correspondieran con las requeridas para realizar su aplicación con la técnica de aspersión térmica por plasma atmosférico APS. Todo lo anterior con el objetivo de realizarlo con tecnologías de bajo costo. Se evaluaron la composición de las fases en el polvo según la técnica de difracción de rayos X (XRD) y la obtención de partículas menores a 74 µm y 20 µm, para las que se usaron las mallas 200 y 635 además de inspecciones cualitativas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Respecto a la posible generación de la fase monoclinica consecuencia de la transición martensítica promovida por los esfuerzos durante la molienda, los XRD muestran que la molienda no genera dichos cambios, y el polvo se mantiene con una composición de fases tetragonal y cúbica. Sobre la obtención de partículas finas se determina que la molienda aumenta las menores a 74 µm de un 56,25% a un 94,15%, y las menores a 20 µm de 0% a 7,58% respecto a la masa total; lo anterior se corrobora con las imágenes del SEM en las que se observa una DTP con una mayor cantidad de finos.



Scientific initiation group in materials recycling and effluent treatment

Semillero de reciclaje y tratamiento de efluentes

L M Ocampo Carmona¹

¹ Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

E-mail: lmocampo@unal.edu.co

Abstract. The consumer society generates more waste and polluted effluents every day. Aware of this problem, this scientific initiation group was created, which aims to study different alternatives for the recovery of metals and useful materials, as well as the treatment of effluents from different sources in order to reduce the environmental effects produced by these and propose alternatives for the recovery of these wastes. Within the meetings of this group of scientific initiation, several research projects have been proposed in which both undergraduate and graduate students participate, in alliances with research groups of the National University of Colombia and other institutions, which allows give a more holistic look to the following projects developed: Unalmed Network for environmental sustainability (Hermes 44547), Environmental, social and economic valorization of the waste streams of the hot galvanizing process (Hermes 47275), Construction of a pilot cell prototype electrocoagulation system for the treatment of wastewater from the hot-dip galvanizing sector (Hermes 48928), Recovery of rare earth elements from minerals present in black sands, residue from alluvial gold mining in Bagre-Antioquia (Hermes 42694), Integral valorization of post-consumer and industrial waste for the development of materials with catalytic potential under a circular economy approach (Hermes 51950), Development of ionic liquids based on caffeine for the desulfurization of fuels (Hermes 53923).

Resumen. La sociedad de consumo genera día a día más residuos y efluentes contaminados. Conscientes de esa problemática se creó este semillero, que tiene como objetivo estudiar diferentes alternativas para la recuperación de metales y materiales útiles, así como el tratamiento de efluentes provenientes de diferentes fuentes con el fin de disminuir los efectos ambientales producidos por estos y proponer alternativas de valorización de esos residuos. Dentro de las discusiones de este semillero se han propuesto varios proyectos de investigación en el que participan estudiantes tanto de pregrado como de posgrado en alianzas con grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia y de otras instituciones, lo cual le permite dar una mirada más holística a los siguientes proyectos desarrollados: Red Unalmed para la sostenibilidad ambiental (Hermes 44547), Valorización ambiental, social y económica de las corrientes residuales del proceso de galvanizado en caliente (Hermes 47275), Construcción de un prototipo piloto de celda de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales del sector de galvanizado en caliente (Hermes 48928), Recuperación de elementos de tierras raras a partir de minerales presentes en las arenas negras, residuo de la explotación minera de oro aluvial en el Bagre-Antioquia (Hermes 42694), Valorización integral de residuos posconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular (Hermes 51950), Desarrollo de líquidos iónicos a base de cafeína para la desulfuración de combustibles (Hermes 53923).

Seminario de Investigación en Recursos Minerales, Materiales y Nanotecnología (1º SIRMMN)

Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia

