

Edición  
N° 2  
Nov.  
2013

# IMPACTOS

PUBLICACIÓN DEL SISTEMA INFORMATIVO INGENIEM

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADOS - EDICIÓN 2 - NOVIEMBRE DE 2013

## Los estudiantes de posgrado presentan sus desarrollos investigativos



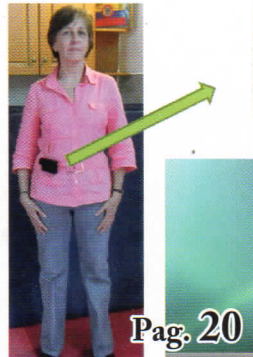
Pag. 8

Mundos virtuales en tres dimensiones, un acercamiento para su uso en la educación



Pag. 16

Uso de hojas y semillas de achiote en la conservación de frutos de uchuva



Pag. 20

Sistema de detección de caídas para adultos mayores



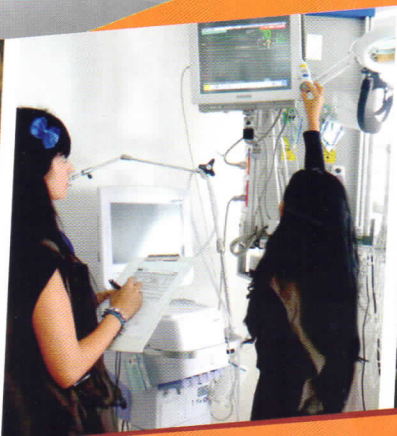
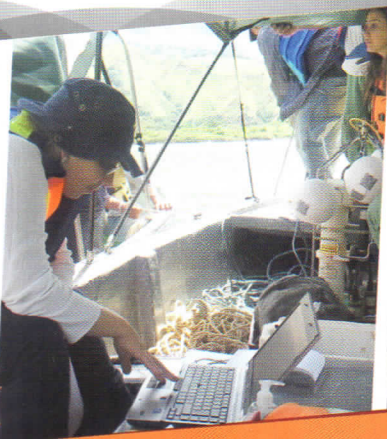
Pag. 24

Alternativas para el proceso productivo de obtención de bioetanol



## Misión

La misión de la Dirección de Investigación y Posgrados es la de proponer políticas de investigación para la Facultad, promover la investigación tanto a nivel de pregrado como de posgrado, fomentar las relaciones de los investigadores con la sociedad y apoyar administrativamente el desarrollo de los proyectos de investigación.



Contáctenos en:

57 (4) 219 55 17 - 219 55 11  
Correo electrónico: [cia@udea.edu.co](mailto:cia@udea.edu.co)

Bloque 21 Oficina 113. Ciudad Universitaria  
<http://ingeniería.udea.edu.co>



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
1803  
FACULTAD DE INGENIERÍA



## Suplemento de la Dirección de Investigación y Posgrados

**Rector**  
Alberto Uribe Correa

**Decano**  
Carlos Alberto Palacio Tobón

**Vicedecano**  
Julio César Saldarriaga Molina

**Directora de Investigación y Posgrados**  
Natalia Gaviria Gómez

**Fotografía**  
Jaime Augusto Osorio Rivera  
Archivos personales de los autores

**Apoyo editorial**  
Leidy Johana Quintero Martínez  
Carlos Arturo Betancur Villegas

**Dirección Periodística**  
Mauricio Galeano Quiroz

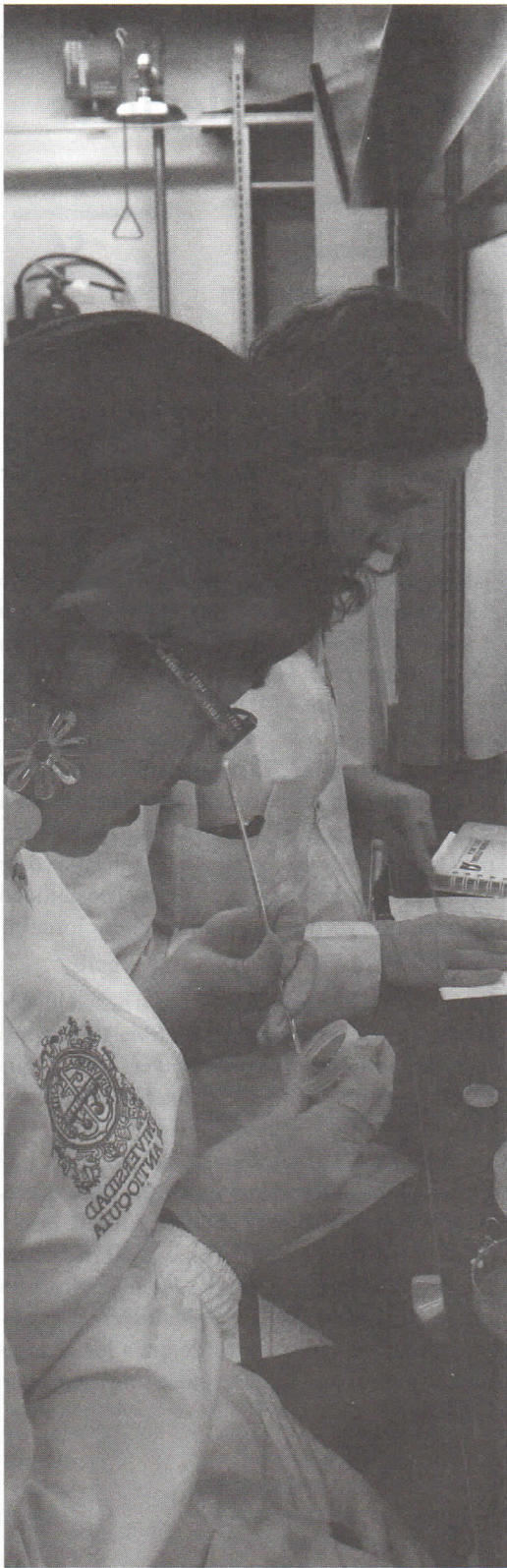
**Diseño y Diagramación**  
Is Neurona  
[isneurona@hotmail.com]

**Impresión**  
Is Neurona

**Circulación**  
1.000 ejemplares

Facultad de Ingeniería - Ciudad Universitaria  
Bloque 21 oficina 113 Teléfono: 219 55 17  
<http://ingenieria.udea.edu.co>

Las opiniones expresadas por los autores  
no comprometen a la Universidad de Antioquia  
ni a la Facultad de Ingeniería.

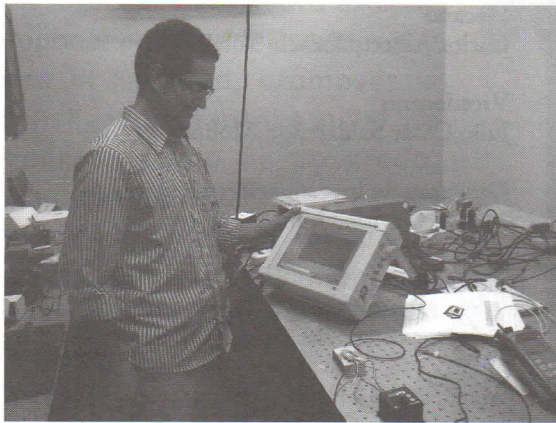




# Rejillas de Bragg: elemento clave para desarrollar dispositivos ópticos flexibles

Por: Andrés Felipe Betancur Pérez

Maestría en Telecomunicaciones



La fibra óptica es ahora el medio de transmisión clave que permite el traspaso de una gran cantidad de información en corto tiempo sobre largas distancias. Su potencial es tal que en la actualidad se despliegan redes basadas en fibra óptica no solo para interconectar grandes ciudades, países o continentes sino también para llegar hasta el entorno del hogar, y esto se evidencia en Colombia con el despliegue masivo de redes de fibra sobre 200 municipios.

En las redes de fibra óptica que brindan conectividad a los hogares, ahora se adelantan investigaciones para aumentar la capacidad de transportar más información e incrementar la cobertura a más usuarios mediante la inclusión de más fuentes LASER con colores distintos, y esto es conocido como WDM (Wavelength Division Multiplexing: Multiplexación por División de Longitud de Onda). Estas redes a pesar de brindar mejores virtudes que las redes de fibra óptica desplegadas actualmente, deben

superar dos problemas principales: 1) Los costos para habilitar esta tecnología deben disminuir, y 2) Deben compartir los recursos requeridos para transmitir información sobre el cable de fibra óptica que se comparte entre varios usuarios y de manera eficiente para optimizar el uso de este medio de transmisión.

Para solucionar estos problemas el grupo Grupo de Investigación en Telecomunicaciones Aplicadas –GITA– en conjunto con el Instituto Tecnológico Metropolitano –ITM– están habilitando dispositivos que permitirán asignar las distintas fuentes LASER disponibles en la red de acuerdo a un criterio de demanda de datos a transmitir en las distintas conexiones existentes; para este fin se basan en elementos de bajo costo como la rejilla de Bragg que brinda la posibilidad de solucionar los problemas mencionados previamente.

Un elemento clave en dicho trabajo es la rejilla de Bragg que es un segmento de fibra óptica con una trampa de luz en su interior (ver figura 1) que actúa como una red que captura la luz de algún color específico. Las rejillas de Bragg son susceptibles a los cambios de temperatura y al estiramiento o deformación, lo que hace que la trampa decida capturar el rayo LASER de un color u otro, e implica una posibilidad de configurarlos a voluntad y de ser aplicados para realizar dispositivos ópticos para redes de acceso. Se podrían asignar fuentes de luz a los clientes según lo requieran las demandas subyacentes en la red.



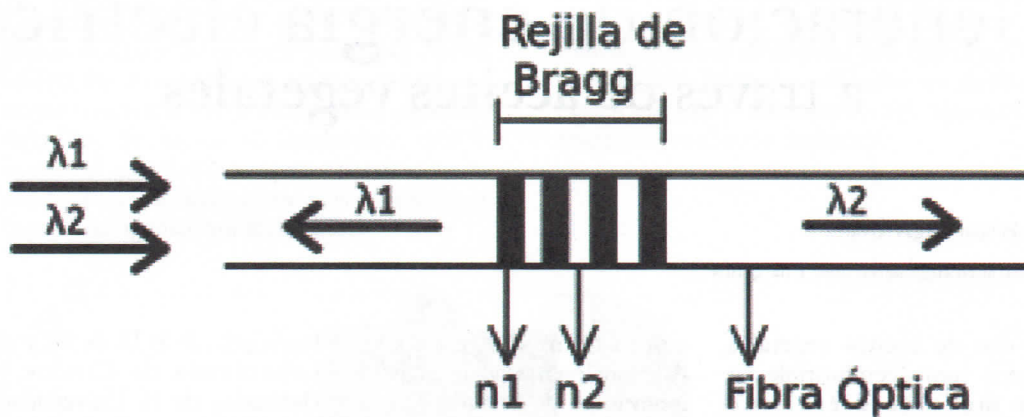


Figura 1. Estructura interna de una fibra óptica con rejilla de Bragg. Dentro de la fibra viajan dos rayos Laser de distinto color y descritos como  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$ . Los índices de refracción variantes se describen como  $n_1$  y  $n_2$ . Esta variación periódica de índices de refracción actúa como un espejo para un color específico.

Mediante simulaciones en un software que modela sistemas de comunicaciones ópticas, se llevan a cabo pruebas satisfactorias del desempeño de la rejilla de Bragg como elemento de construcción de dispositivos ópticos reconfigurables. En las redes WDM las rejillas se emplearán para filtrar las fuentes de luz que se pretenden asignar a los usuarios, y mediante señales eléctricas se aspira alterar la temperatura de las rejillas para modificar las propiedades del material del que están hechas para filtrar a voluntad una u otra fuente y así darle a la red más elasticidad en la asignación de recursos mediante algún protocolo de comunicaciones.

En el laboratorio del Instituto Tecnológico Metropolitano se realizó un montaje para probar el desempeño de la rejilla de Bragg con los cambios de temperatura. Debido a que el material responde lentamente al calor aplicado se optó por utilizar un pequeño rango de temperatura y varias rejillas de Bragg para el modelo del dispositivo reconfigurable. La idea tras esto es crear un conjunto de rejillas conectadas una después de la otra, con tantas como fuentes LASER existan en la red WDM que permitan capturar la luz incidente cual si fuera una persiana con aspas manipulables a nivel individual.



# Generación de energía eléctrica a través de aceites vegetales

Por: Fabián Vargas Álvarez

Maestría en Ingeniería, línea Energética

El uso de aceites vegetales crudos como combustible en los motores diésel fue concebido desde su invención; sin embargo, la facilidad de acceso a los combustibles fósiles dejó de lado esta iniciativa, la cual volvió a tomar fuerza a raíz de las recientes crisis de precios del petróleo. Se suma a lo anterior el hecho de que en Colombia existen vastas zonas con potencial agrícola que no están conectadas a la red eléctrica nacional, donde resulta costoso y difícil disponer de combustible diésel y se hace imperativo proporcionar soluciones energéticas sostenibles y ambientalmente viables.

En esta tesis de maestría se utilizó un motor diésel estacionario, normalmente utilizado en generación eléctrica, accionamiento de motobombas y maquinaria agrícola, entre otros. Se diseñó, construyó y adaptó un sistema de conversión que permitió operar el motor con aceites vegetales crudos de *jatropha* y palma, tomando el diésel comercial como referencia.

Se realizaron unos ensayos en los que se midieron importantes parámetros como: desempeño mecánico, diagnóstico de combustión y

emisión de gases. Adicionalmente, y de manera innovadora de acuerdo con la revisión de la literatura, por primera vez se analizó la morfología, composición química y actividades mutagénica y genotóxica del material particulado emitido por el motor.

El trabajo fue realizado en el Laboratorio de Máquinas Térmicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Se contó con la asesoría y colaboración del grupo Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente —Quirema— en el análisis morfológico y químico del material particulado, así como del Grupo de Gestión y Modelación Ambiental —GAIA—, -línea de Genotoxicología y Epigenética Ambiental —GEA— en las pruebas de toxicidad y mutagenicidad del material particulado.

Por su parte, el grupo de Combustibles y motores de la Universidad de Castilla-La Mancha (España) realizó pruebas de porosidad y área superficial específica, así como de termogravimetría al material particulado. El grupo Procesos Físicoquímicos Aplicados —PFA— de la Facultad de

Ingeniería, de la U. de A., y el Laboratorio de Crudos y Derivados de la Universidad Nacional de Colombia colaboraron en los análisis químicos de los aceites vegetales. Finalmente, el Semillero de Máquinas Térmicas, del grupo Manejo Eficiente de la Energía Eléctrica —GIMEL—, colaboró en la realización de las pruebas.

Se encontró que la operación del motor fue estable, no presentó variaciones instantáneas de régimen o apagado espontáneo con el uso de los aceites vegetales. El consumo específico de combustible y la temperatura de los gases de escape de los aceites aumentaron con referencia al diésel, debido a su naturaleza, ya que poseen menor contenido energético y sus propiedades afectaron el inicio de la inyección.

El diagnóstico de combustión mostró que las historias de liberación de calor eran similares al diésel, pero se obtuvieron mayores presiones y temperatura máximas en cámara. Se incrementaron las emisiones de Monóxido de Carbono (CO) y Tetrahidrocannabinol (THC), mostrando mayor contenido



de compuestos intermedios en la combustión. Las emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx) fueron similares. El material particulado de los aceites fue más volátil y reactivo, y contenía mayor concentración de compuestos orgánicos volátiles. Se encontró finalmente que el material particulado proveniente de la combustión de aceites era más citotóxico y menos mutagénico que el del diésel.

Esta investigación perfila una posible solución para la generación de energía eléctrica en muchas regiones de nuestro país con el uso de combustibles vegetales utilizados en motores estacionarios, y también como alternativa energética en el sector industrial.



Motor de prueba



Combustibles utilizados



# Mundos virtuales en tres dimensiones, un acercamiento para su uso en la educación

Por: David Herney Bernal

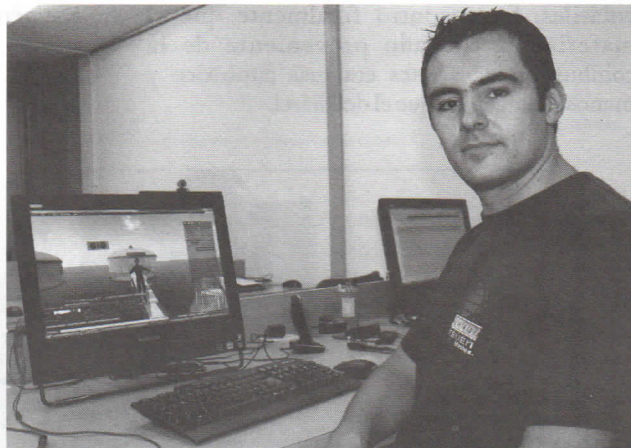
Maestría en Ingeniería, línea Informática

Los mundos virtuales en tres dimensiones o MV3D es una tecnología que ha sido incorporada a los ambientes de enseñanza, pues ha llamado la atención debido a su potencial educativo propiciado por sus características sociales, estéticas y de interacción.

En el proyecto de investigación “Mundos virtuales 3D como herramientas en un LMS para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje” se trabajó en la integración de herramientas MV3D con otras plataformas más conocidas en la educación llamadas Sistemas Gestores de Aprendizaje (*Learning Management Systems –LMS–*), con el fin de facilitar el montaje de actividades educativas en los MV3D permitiendo su gestión desde los sistemas LMS.

El proyecto fue realizado por el estudiante de maestría David Bernal y asesorado por el profesor Andrés Marín, ambos pertenecientes al grupo de investigación Simulación de Comportamientos de Sistemas (SICOSIS) del Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la U. de A.

Como fruto del trabajo se logró el planteamiento de una arquitectura que permite la integración de ambas tecnologías, aportando un marco de trabajo aplicable a entornos de aprendizaje y de fácil utilización por personas sin muchos conocimientos técnicos. La arquitectura propuesta fue probada integrando el LMS *Moodle* con el MV3D *OpenSim* y con el montaje de una unidad temática que fue llevada a estudiantes de la U. de A. con el fin de validar su utilización.

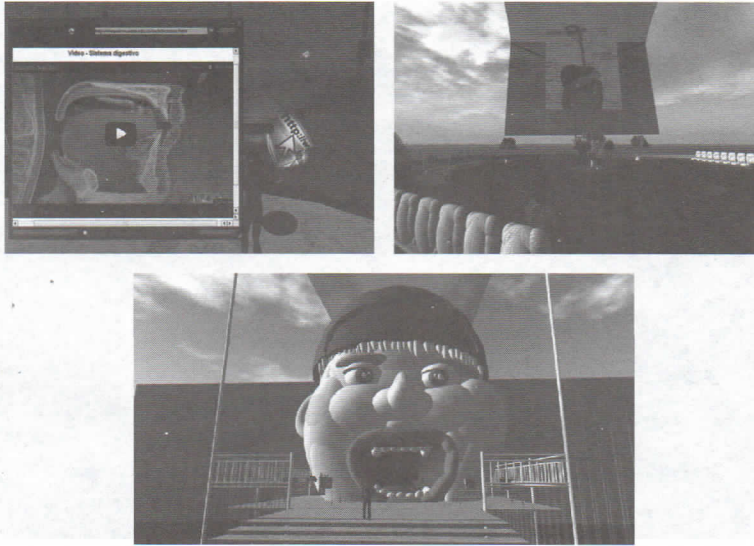


En las pruebas realizadas se comprobó la posibilidad de realizar actividades educativas, efectuando el control de las mismas desde el *Learning Management Systems* y sin la necesidad de cambios en los escenarios del MV3D.

Los desarrollos realizados para la integración y su posterior aplicación permitieron establecer y mantener la comunicación entre una plataforma LMS y una plataforma MV3D, con lo cual se comprobó la viabilidad técnica de la arquitectura propuesta y se confirmó la posibilidad de utilizar ambas tecnologías combinadas para aportar a la realización de procesos de enseñanza y de aprendizaje, donde los docentes no requieren conocimientos y habilidades avanzadas para configurar y utilizar recursos de los mundos virtuales MV3D.

Por otra parte, se encontraron dificultades de adopción de la tecnología por parte de los estudiantes que participaron en el caso de estudio; sin embargo, la evolución observada sirvió para concluir que la integración es aplicable en entornos de enseñanza, pero se precisa realizar otras investigaciones sobre maneras de acercar a los estudiantes a la tecnología de mundos virtuales.

Las siguientes son imágenes de los escenarios que se utilizaron para las pruebas con los estudiantes. La primera de ellas corresponde a un escenario donde se muestran contenidos multimedia a los participantes. La segunda es una vista del salón de reuniones con el tablero principal en el que se mostraba el contenido. La tercera muestra la entrada a una simulación realizada para recorrer el sistema digestivo, al interior del cual se respondían preguntas para avanzar.



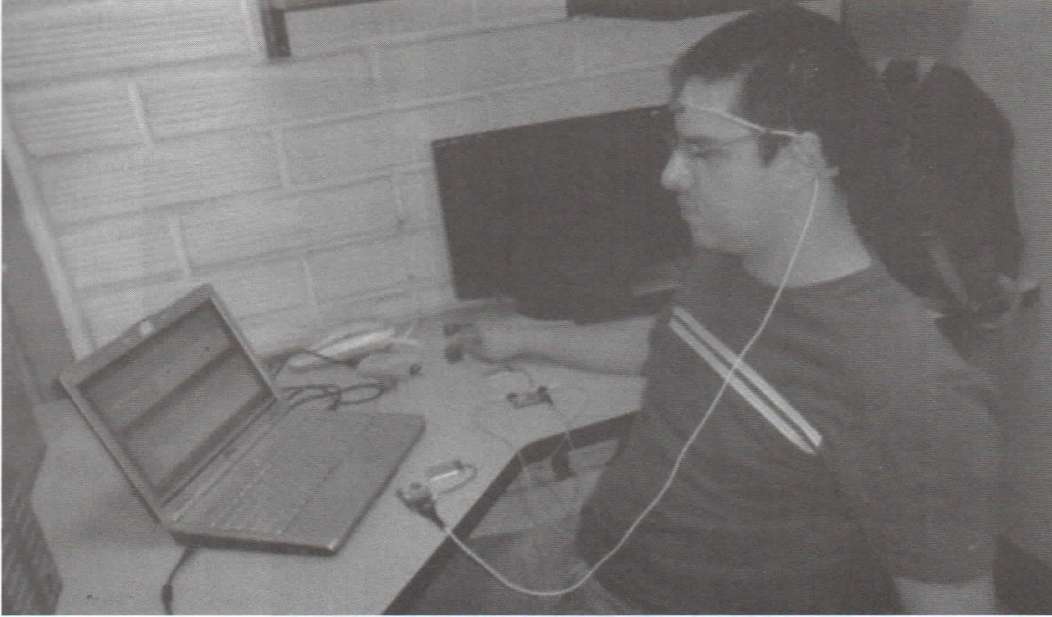
La tecnología utilizada permitió a los estudiantes interactuar con el sistema hasta llegar a niveles altos de apropiación. La siguiente imagen muestra algunos de los personajes, conocidos como avatares, personalizados por los estudiantes dentro de la plataforma MV3D.



Además de las pruebas realizadas para validar el proyecto, la integración sirvió como base tecnológica para la realización de un proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Educación Nacional, a través de la red Renata, donde grupos de investigación de la Universidad de Antioquia y de la Universidad del Magdalena plantearon una metodología para el uso de estas tecnologías (MV3D integrados con LMS) en la educación.



# Sistema para estimación de la presión arterial



Por: Juan Fernando Franco Higueta.  
Maestría en Ingeniería, línea Electrónica

Este proyecto nació dentro del Centro de Excelencia Artica (Alianza Regional de TIC Aplicada), en el macro proyecto de sistemas embebidos, en el cual el Grupo de Investigación en Sistemas Embebidos e Inteligencia Computacional, SISTEMIC, de la U. de A. y la IPS Universitaria (entidad prestadora de servicios de salud) desarrollaron un Sistema para la Atención Médica en Situaciones Críticas, denominado SAMSI.

Las situaciones críticas, en el marco de este trabajo, son entendidas como aquellas situaciones en las cuales las personas sufren heridas que pueden poner en riesgo sus vidas y no cuentan con la atención inmediata de personal médico especializado. Situaciones que se deben,

por ejemplo, a su ubicación en puntos de difícil acceso por su condición topográfica; y que generan problemas como largos periodos sin atención médica y falta de datos médicos que faciliten el tratamiento una vez el paciente es ingresado a un centro hospitalario.

Para enfrentar estos problemas, en Artica se decidió construir el SAMSI. Dicho sistema tiene la capacidad de estimar de manera simultánea varias señales fisiológicas: frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca, presión arterial y movimiento. Adicionalmente, está sujeto a requerimientos como bajo consumo de energía, confiabilidad, robustez y desenvolvimiento en ambientes hostiles.

El SAMSI está basado en la tecnología de las redes inalámbricas de sensores corporales, las cuales son un conjunto de dispositivos o nodos conectados en red, con capacidades de procesamiento y comunicación inalámbrica que se colocan en el cuerpo humano para monitorear diferentes signos vitales.

El diseño de sistemas de medida de parámetros fisiológicos similares al SAMSI no sólo resulta de interés local sino que también ha sido un tema de investigación de creciente interés mundial en la última década, debido a su potencial en aplicaciones de medicina, deportes, entretenimiento y seguridad.

Algunos factores que han motivado la investigación en el tema son el crecimiento del porcentaje de la población de edad avanzada y los trastornos crónicos provocados por los cambios de estilo de vida, que conllevan a la necesidad de monitorear constantemente el estado de salud de los individuos en su rutina diaria para prevenir trastornos mortales.

La presión arterial es uno de los signos vitales más importantes. El incremento en la presión arterial o hipertensión es uno de los factores que eleva considerablemente la tasa de morbilidad y mortalidad en países desarrollados. Uno (1) de cada tres (3) estadounidenses tiene hipertensión y alrededor de 59 millones tienen pre-hipertensión, representando un costo anual para el gobierno de Estados Unidos de 50,6 billones de dólares en

términos de gastos directos (asistencia hospitalaria) y gastos indirectos por disminución de la productividad.

Este trabajo se enfocó en el subsistema de estimación de la presión arterial del SAMSI, de tal manera que ésta pueda ser estimada de manera continua, no invasiva, y sin necesidad de utilizar un brazalete inflable.

La figura 1 muestra el sistema de estimación de la presión arterial propuesto. El sistema es una red inalámbrica de sensores corporales compuesta por dos nodos sensores. El nodo sensor S1 (figura 2) está ubicado en la frente y el nodo sensor S2 (figura 3) está ubicado en el pecho. Estos nodos sensores permiten medir el tiempo de propagación de la onda de presión desde el pecho hasta la frente. Este tiempo de propagación se relaciona con la presión arterial del usuario por medio de una fórmula matemática que debe ser ajustada de manera personalizada para cada usuario. Una vez ajustada la fórmula matemática es posible estimar la presión arterial de manera continua.

Después de evaluar el sistema de estimación de la presión arterial, los resultados experimentales muestran que el sistema propuesto tiene el potencial para medir de manera constante y no invasiva la presión arterial durante las actividades cotidianas de una persona.

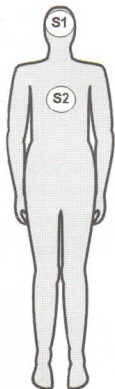


Figura 1. Sistema para la estimación de la presión arterial.

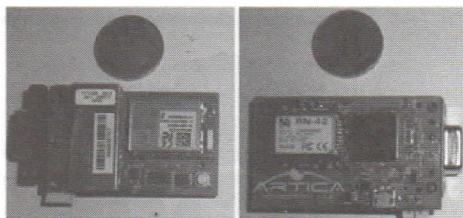


Figura 2. Nodo sensor S1

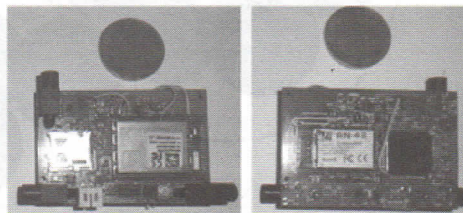


Figura 3. Nodo sensor S2



# Procesamiento de datos multimedia

Por: Ana Isabel Oviedo

Doctorado en Ingeniería Electrónica

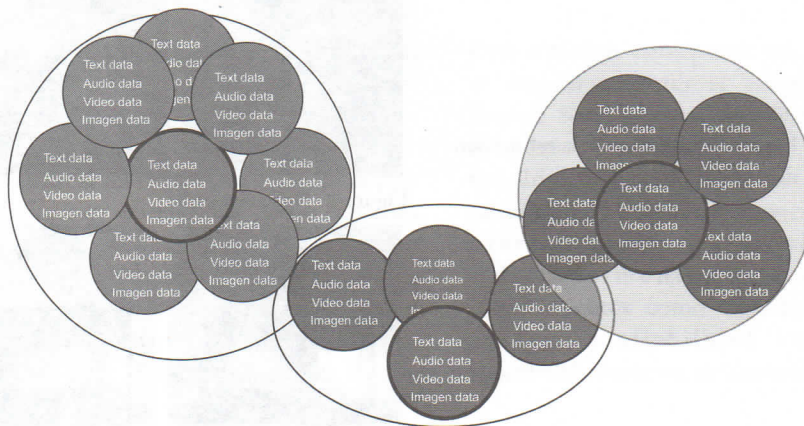
El creciente desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha permitido el acceso a grandes volúmenes de contenido multimedia como texto, imágenes, audios y videos; estos contenidos pueden ser representados como un objeto multimedia complejo, el cual es una añadidura de datos heterogéneos como una sola unidad.

Actualmente este tipo de objetos se encuentran en aplicaciones relacionadas con páginas web, música, libros electrónicos, programas para televisión digital, objetos de aprendizaje, redes sociales, entre otras.



En aplicaciones con altos volúmenes de multimedia, el gran número y la complejidad de las relaciones entre sus contenidos exceden la capacidad humana para analizar y sintetizar información útil y conocimiento, de manera que un procesamiento automático para buscar sus relaciones de similitud se convierte en una necesidad.

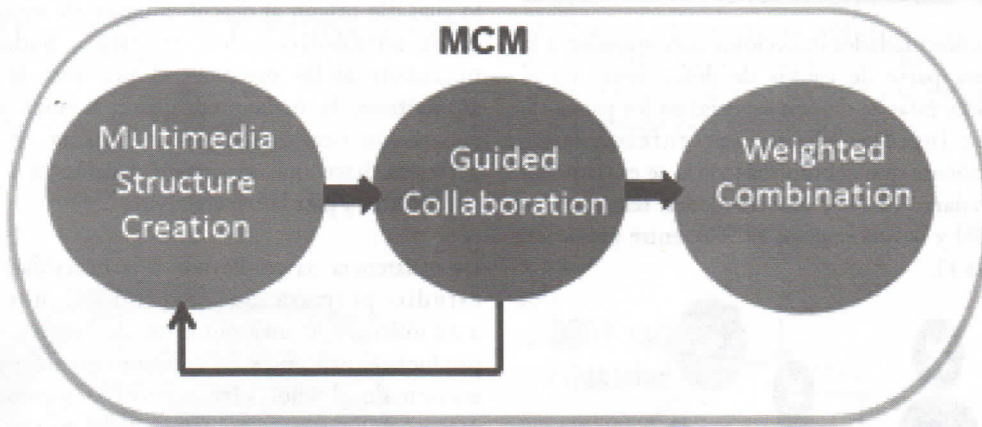
Estas relaciones pueden ser buscadas de forma automática a través de un análisis de agrupaciones, también conocido como clasificación no supervisada (clustering), cuyo objetivo es buscar grupos naturales en conjuntos de datos no etiquetados, de tal manera que los objetos en un grupo sean similares o relacionados unos con otros y sean diferentes de los objetos que se encuentran en otros grupos.



Para desarrollar la tarea emergente de agrupar objetos multimedia complejos se desarrolló una investigación en el programa de Doctorado en Ingeniería Electrónica, en la línea de Descubrimiento de conocimiento. La investigación fue financiada por el proyecto Co-creación de Artica (Alianza Regional de TIC Aplicadas) y fue desarrollada por la estudiante Ana Isabel Oviedo Carrascal, docente de la Universidad Pontificia Bolivariana. El director fue el profesor Oscar Ortega Lobo, docente de la Universidad de Antioquia, y el co-director fue el profesor Jairo Espinosa Oviedo, docente de la

Universidad Nacional de Colombia —Sede Medellín—.

Como resultado de la investigación, se formuló un método llamado Multimedia Collaborative Multiclustering –MCM– (pendiente de patente), el cual primero crea una estructura de agrupación para cada recurso multimedia (texto, imágenes, audios y videos), después refina las estructuras creadas mediante un proceso de colaboración, y finalmente combina las estructuras mediante una función de votación.



Se desarrollaron algunos experimentos para validar el método propuesto utilizando un conjunto de videos del concurso MediaEval 2011 y un conjunto de páginas web. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad del método propuesto, el cual creó estructuras de agrupación más cercanas a la clasificación real de los objetos que los otros enfoques contrastados en los experimentos.



# Ingeniería metabólica para mejorar la producción de ácido clavulánico

Por: Claudia Patricia Sánchez Henao

Doctorado en Ingeniería, línea Materiales



Las enfermedades infecciosas corresponden a la tercera parte de causas de defunciones en el mundo, éstas se dan en especial en los países de bajos ingresos. Entre las enfermedades infecciosas que cobran más vidas se encuentran la malaria (2.1%), enfermedades respiratorias (6.7%) y la tuberculosis (2.9%), entre otras (ver figura 1).

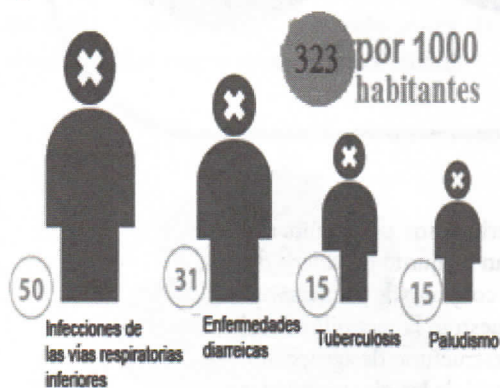


Fig. 1. Mortalidad por enfermedades infecciosas

Para niños menores de cinco (5) años, el índice de mortalidad (número de fallecidos por cada 1000 nacidos vivos) es de 39.5 a nivel mundial,

de 65 en América Latina y de 17 en Colombia. Para la población adulta se tiene un índice de mortalidad (número de fallecidos por cada 1000 habitantes) por malaria de 12 y por tuberculosis de 15.

Las infecciones siguen siendo relevantes en todos los grupos de edad y escenarios de prestación de servicios de salud. Este problema se combate desde 1928 con el descubrimiento de la penicilina, lo cual dio origen al descubrimiento de muchos otros antibióticos. Sin embargo, dada la migración de las personas, el mal uso de los antibióticos, la mala prescripción médica y la resistencia ocasionada por sí misma en las bacterias, hace que se genere resistencia a los antibióticos y pierdan su efectividad.

La resistencia ha conllevado a la necesidad del estudio permanente de producir nuevos antibióticos y al mejoramiento de los procesos productivos existentes. Es así entonces como se ha encontrado el ácido clavulánico (AC) como la mejor opción para contrarrestar dicha resistencia. El AC se produce a bajas concentraciones (1g/L) en un medio que contiene nutrientes y una bacteria.

Un antibiótico como Amoxicilina cuesta 40 veces más de lo normal al tener involucrado en su formulación ácido clavulánico. Por esta razón se han realizado múltiples investigaciones orientadas a mejorar la bacteria y el proceso de producción con tecnologías tradicionales y, en pocos casos, aplicando ingeniería metabólica.

En la figura 2 se muestra de forma esquemática la metodología que se realizó para aplicar ingeniería metabólica para mejorar la producción del AC. Ésta consiste en la recopilación de información de la literatura acerca de las reacciones biológicas más importantes en la bacteria y su representación en forma de ecuaciones lineales, en las que se identifican las corrientes de entrada y salida al proceso y cuáles de esas corrientes se pueden medir para solucionar el problema mediante optimización lineal.

Al aplicar ingeniería metabólica se obtienen los valores de las reacciones internas. Mediante simulaciones se puede analizar qué le sucede en general al metabolismo de la bacteria al realizar algún cambio en las concentraciones de los nutrientes o al cambiar una de las reacciones propuestas.

En este trabajo se evaluó la producción del ácido clavulánico en el laboratorio, y con los resultados obtenidos se aplicó ingeniería metabólica para cuantificar todas las reacciones presentes en la célula y se propuso una estrategia para mejorar el proceso.

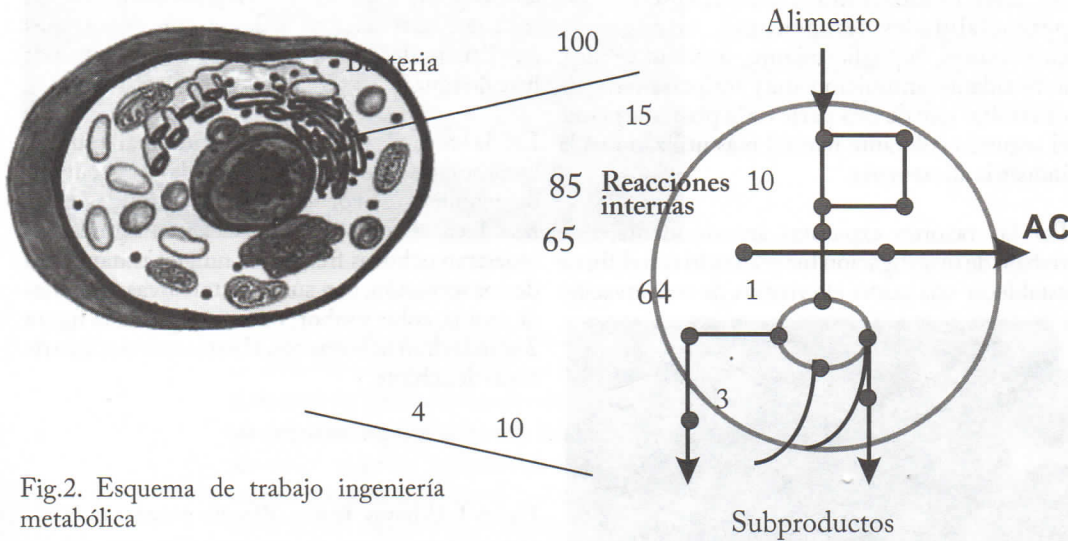


Fig.2. Esquema de trabajo ingeniería metabólica



# Uso de hojas y semillas de achiote en la conservación de frutos de uchuva

Por: Gelmy Ciro

Doctorado en Ingeniería, línea Ambiental

En los últimos años, en el Programa Ofidismo y Escorpionismo de la Universidad de Antioquia se han desarrollado proyectos de investigación relacionados con la búsqueda de alternativas terapéuticas y alimentarias a partir de extractos de plantas.

Una de las plantas que ha recibido mayor interés de trabajo es la Bixa orellana, o más comúnmente denominada achiote, debido a sus múltiples usos en la medicina tradicional. Sus hojas han sido usadas como antieméticas, para el tratamiento de la gonorrea; en gárgaras, para aliviar dolores de garganta; como purgante, antiprurítico, para el tratamiento de tumores bucales, contra la ictericia, la disentería; como agente antipirético para el tratamiento de enfermedades hepáticas.

Por otro lado, a las semillas de achiote también se les han demostrado científicamente sus potencialidades terapéuticas, tales como: cicatrizante, hipoglicemiante, antimutagénica, antioxidante, antimicrobiana y antiparasitaria. Es de resaltar que de esta parte de la planta se extrae el segundo colorante natural más utilizado en la industria alimentaria.

Por las razones expuestas anteriormente, este trabajo de investigación fue realizado con el fin de establecer una nueva alternativa de conservación

del fruto de uchuva, basada en la incorporación de extractos de hojas y semillas de achiote en la fruta.

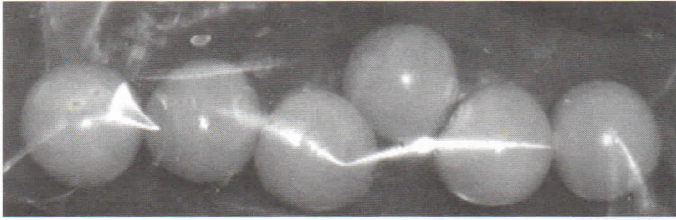
Inicialmente se realizó un estudio de la capacidad de estos

extractos para inhibir el crecimiento de diferentes bacterias y hongos (de importancia en frutas) a condiciones óptimas de crecimiento. Los resultados mostraron que ambos extractos tienen alta capacidad de inhibir el crecimiento de los microorganismos estudiados a concentraciones por debajo de 1000 miligramos de extracto por litro de agua.

En la fase 2 del proyecto fue realizada la incorporación de los extractos de hojas y semillas de achiote a las concentraciones definidas en la fase 1 en el fruto de uchuva. En la figura 1 se muestran uchuvas frescas sin ningún tratamiento de conservación, con sus características naturales de aroma, color y sabor; mientras que en la figura 2 se muestran uchuvas con el extracto etanólico de hojas de achiote.

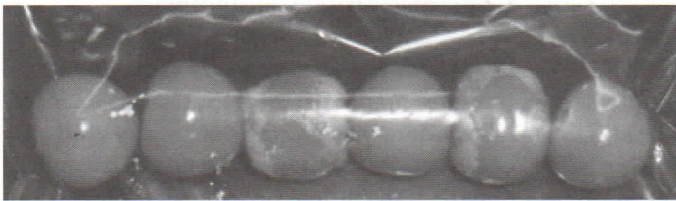


**Figura 1.** Uchuvas frescas (*Physalis peruviana*) sin ningún tratamiento de conservación, con sus características naturales de aroma, color y sabor

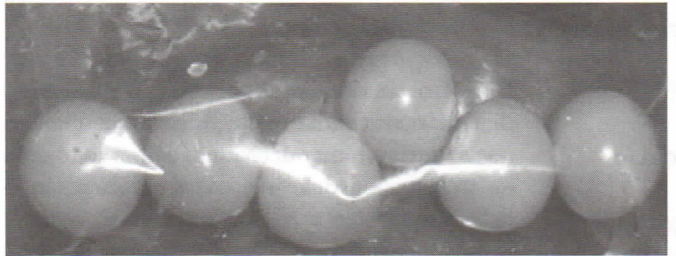


**Figura 2.** Uchuvas mínimamente procesadas con extracto de hojas de achiote, con sus características naturales de aroma, color y sabor similares a la fruta fresca

Los frutos de uchuva con y sin extractos fueron almacenados en refrigeración durante 15 días. A los 15 días de almacenamiento se pudo observar que las frutas sin extracto ya presentaban un deterioro aparente (crecimiento de hongos) (Ver figura 3). Mientras que en las uchuvas tratadas con los extractos de hojas y semillas de achiote no se evidenciaba deterioro (Ver figura 4).



**Figura 3.** Uchuvas almacenadas durante 15 días en refrigeración sin ningún tratamiento de conservación. En esta foto hay crecimiento visible de hongos en la uchuva.



**Figura 4.** Uchuvas almacenadas durante 15 días en refrigeración impregnadas con extractos de plantas. En esta foto no hay crecimiento visible de hongos en la uchuva.

En conclusión, las uchuvas con los extractos de hojas y semillas de achiote son más estables que las uchuvas frescas, aumentando el tiempo de almacenamiento de éstas. Además, se encontró que las uchuvas impregnadas con los extractos tienen mejor calidad sensorial que las uchuvas frescas en términos de sabor y aceptación global. Estas muestras fueron calificadas como más jugosas, más dulces y menos ácidas que las uchuvas frescas.



# Planeamiento de las redes de transmisión de energía

Por: Guillermo Enrique Vinasco

Doctorado en Ingeniería, línea Ambiental

## ¿Qué son las redes de transmisión?

Estas son las redes que llevan la energía desde su lugar de producción (las plantas de generación) hasta los lugares de consumo (las ciudades). En casi todo el mundo el sector eléctrico pasó del control del Estado al control de los agentes privados; estos últimos ahora administran las inversiones en obras nuevas incluyendo las redes, y el Estado solo se reservó la regulación, vigilancia, y protección del usuario. A todo el conjunto de agentes, reglas e infraestructura (incluyendo las redes) se le llama "mercado de electricidad".

Son los usuarios, vía tarifas, quienes cancelan al mercado la energía que consumen y la infraestructura para proveerles el servicio, incluyendo las redes de transmisión; por ello es de suma importancia que estas redes sean las óptimas, tanto para los agentes que compran energía eléctrica como para los que la venden (generadores).

## Las redes en el mercado de electricidad

En mercados de electricidad, los generadores y consumidores son libres de vender y comprar en cualquier momento y cantidad la energía eléctrica que requieran; eso sí: hay leyes físicas que exigen que en cada instante de tiempo lo consumido sea igual a lo demandado, pues un déficit o exceso de producción genera un apagón. Las redes, entre otras cosas, permiten compartir los excesos de energía eléctrica que se producen en ciertas áreas con los déficits de otras, optimizando el uso de los recursos energéticos en todo un país, e incluso en varios países si estos deciden interconectar sus sistemas eléctricos.

Pero se requiere identificar con antelación el conjunto de obras de transmisión a construir, pues si un agente encuentra en la capacidad de la red un obstáculo para negocios de energía eléctrica que vaya a realizar, este agente pedirá una compensación económica al mercado; esta compensación es un sobre costo que se evita construyendo la red apropiada (expansión) para que esté en servicio en el momento apropiado.

## Construcción de la red apropiada

Los elementos de una red (líneas, transformadores, etc.) no son de fácil adquisición, pueden pasar años para el diseño, construcción y puesta en servicio de una nueva obra de transmisión. Se debe identificar la red apropiada para los futuros patrones de producción y consumo de energía e iniciar su construcción a tiempo.

Para lo anterior se elaboran modelos matemáticos con las reglas físicas y económicas que ayuden a tomar decisiones sobre: ¿qué obra de transmisión debe ser construida?, ¿cuándo deberán estar en servicio estas obras?, ¿cuánta inversión requerirán? Estos se llaman modelos de expansión, que son normalmente un conjunto de ecuaciones matemáticas cuya solución entrega respuestas a las preguntas planteadas.

Identificadas las obras de transmisión que un país o región requiere, su construcción se hace en procesos licitatorios, en los que agentes compiten para construirlas y operarlas al menor costo posible.

## Modelo matemático para planear la red

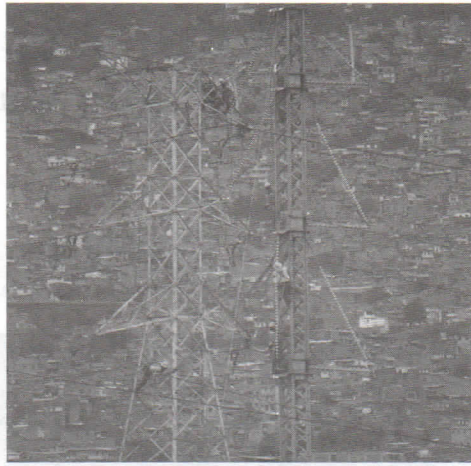
El desarrollo y solución de modelos de expansión es un problema clásico de la ingeniería eléctrica. Este problema es de tal complejidad que a la fecha es imposible incluirle todos los fenómenos asociados a la economía, las leyes físicas de la producción, transporte y consumo de energía; por ello los modelos de expansión acometen versiones simplificadas de la realidad tanto para la operación presente del sistema como la esperada a futuro. Gran parte de los trabajos de investigación en modelos de expansión van encaminados a mejorar la representación que el modelo hace de la realidad y a obtener una solución del mismo... o por lo menos una solución aproximada.

Se habla de soluciones aproximadas, pues actualmente los modelos de expansión suelen obtener solución mediante reglas que encuentran buenas respuestas, pero no aseguran mejor solución al modelo planteado aunque este último sea una versión simplificada de la realidad.

### Contribuciones del nuevo modelo de expansión de la red presentado

En el presente trabajo de investigación se propuso una mejora a los modelos de expansión existentes para la red, y se obtuvo uno nuevo que identifica un único plan de expansión para una gran cantidad de posibles escenarios futuros (la operación del mercado). Este modelo minimiza para un número arbitrario de etapas (año en el futuro) la inversión requerida en redes de transmisión; para el modelo propuesto se presentó su solución analítica.

El modelo matemático planteado y resuelto minimiza los costos totales de operación e inversión en la red, reduciendo al mínimo posible los costos para las cuentas que pagaría el usuario; esto frente a los escenarios de operación futura del sistema que se le presenten.

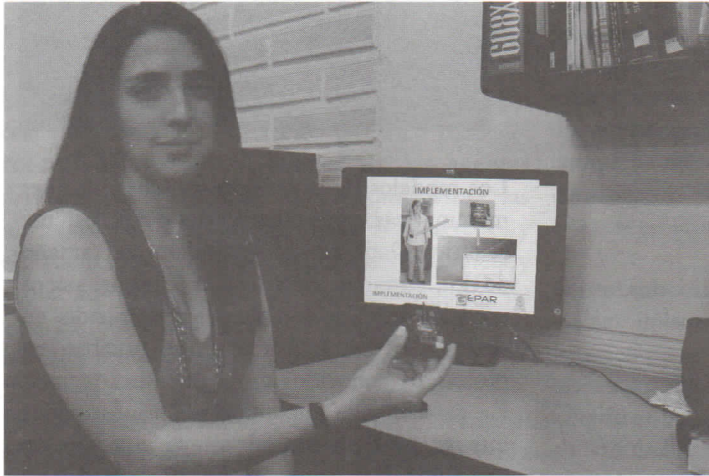


Los modelos de expansión son abstracciones matemáticas aplicables a cualquier sistema eléctrico. Dada la cantidad de datos y el tamaño de los sistemas eléctricos modernos, pocos modelos de expansión pueden ser probados en sistemas reales; básicamente se prueban en prototipos conocidos de la literatura técnica. En particular, la implementación informática que se realizó con el nuevo modelo de expansión propuesto ha permitido su utilización para resolver problemas reales en Colombia, Perú y el Salvador; allí el nuevo modelo se ha enfrentado a problemas de expansión en redes de tamaño y complejidad real, con excelentes resultados.



# Sistema de detección de caídas para adultos mayores

Por: Marcela Vallejo Valencia.  
Maestría en Ingeniería, línea Electrónica



Las caídas son eventos comunes entre los adultos mayores y pueden tener consecuencias graves. Una atención médica oportuna puede minimizar las repercusiones de una caída y, por este motivo, se han propuesto diversos sistemas de detección automática de caídas.

El enfoque tradicional de este tipo de sistemas está basado en la medición de características del movimiento, tales como la aceleración o la velocidad, y en el establecimiento de uno o varios umbrales que, al ser sobrepasados, indican la ocurrencia de una caída.

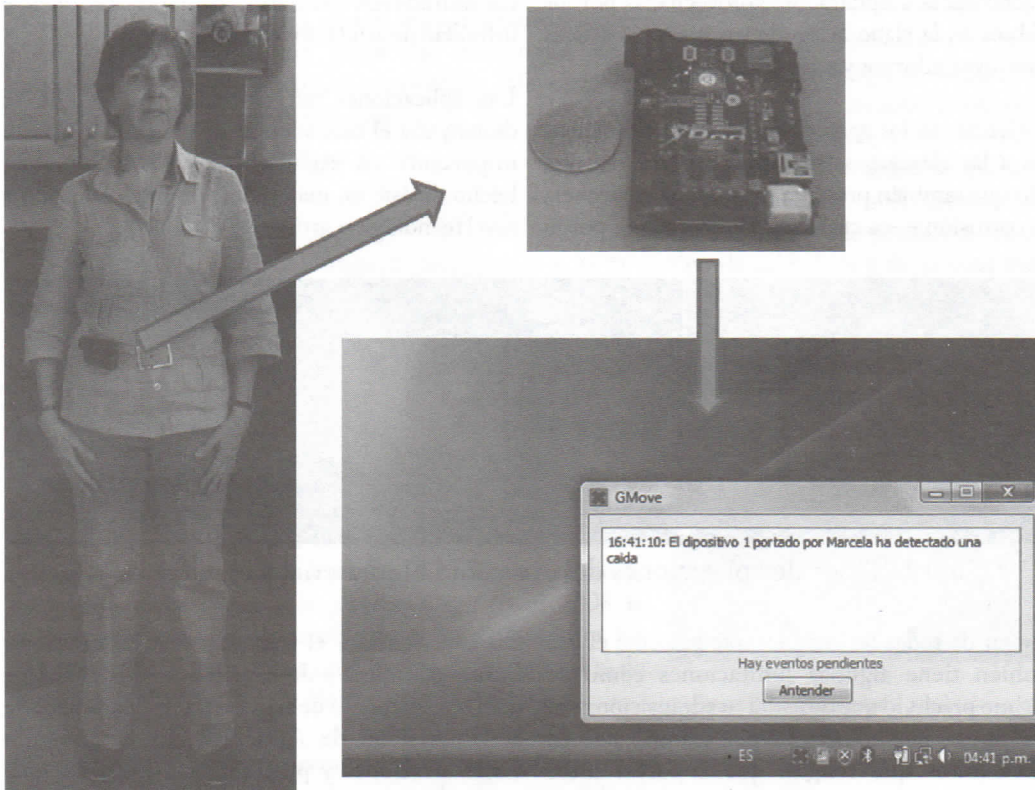
El problema con los sistemas basados en umbrales es que algunas actividades comunes también pueden generar valores altos de aceleración y velocidad, produciendo falsas alarmas. Sin embargo, si el umbral elegido es un valor alto, intentando evitar las falsas alarmas, algunas caídas menos bruscas pueden no detectarse.

Buscando solucionar este inconveniente, en este trabajo se propone un método para la detección automática de caídas basado en redes neuronales artificiales, el cual es capaz de diferenciar entre una caída y un movimiento normal sin utilizar umbrales.

Adicionalmente, debido a la falta de estandarización en las pruebas para este tipo de sistemas, se propone un procedimiento orientado a determinar el desempeño de sistemas de detección de caídas.

Para el desarrollo de este trabajo se diseñó e implementó un prototipo de dispositivo móvil para la detección de caídas con el cual se probó el método propuesto.

Los resultados obtenidos muestran que el desempeño del sistema propuesto es comparable con las alternativas que se encuentran reportadas en literatura.



En la imagen se ve el dispositivo desarrollado, la forma de utilización y la señal de alarma que se envía a un computador en caso de una caída.



# Uniones químicas para mayor calidad en la joyería

Por: Julián Tobón Moreno

Maestría en Ingeniería, línea Materiales

La metalurgia del oro ha sido una importante ciencia desde la antigüedad dado que el metal precioso es uno de los pocos elementos que se encuentra en la naturaleza en su estado metálico, además de ser relativamente blando; propiedades que permiten, fácilmente, darle múltiples formas como hilos, láminas, texturas y gravados, características ampliamente aprovechadas por los orfebres en la elaboración de sus piezas artísticas como joyas, adornos y artículos suntuosos.

La ciencia de los materiales ha dado novedosos usos a las aleaciones fabricadas a partir del oro, dado que también presenta muy buena resistencia a la corrosión —en casi cualquier medio—, por lo

que se ha utilizado en odontología, como implantes biomédicos, en la industria aeroespacial y satelital. Pero las ventajas del oro no paran ahí, puesto que es uno de los metales con mayores propiedades de conducción eléctrica, de ahí que sea de uso obligado en componentes electrónicos como procesadores de computadores, celulares, cámaras digitales e infinidad de artefactos electrónicos.

Las aplicaciones tan especiales en las que se desempeña el oro, además de generar un aporte importante en exclusividad y distinción, han hecho de éste un material altamente codiciado a nivel tecnológico, artístico y social.



Figura 1. Tipos de aplicaciones del oro como biomaterial y en electrónica.

A pesar de todas las ventajas que presenta el oro también tiene algunas limitaciones como su altísimo precio, lo que dificulta su adquisición; y su baja dureza, que no permite que sea utilizado en aplicaciones que tengan que soportar altos esfuerzos. Estas dificultades pueden ser modificadas al mezclar el oro con otros metales que le confieran propiedades mejoradas, además de disminuir costos. Es así como se han establecido tradicionalmente aleaciones de oro con contenidos de 75% (oro de 18 quilates), que se mezcla con diferentes contenidos de cobre y plata, dependiendo de las propiedades estéticas o mecánicas buscadas.

En este sentido, el Grupo de Investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales (GIPIMME), del Departamento de Ingeniería de Materiales de la Universidad de Antioquia, ha desarrollado varias aleaciones y procesos de fabricación que permiten obtener importantes desarrollos tecnológicos. Es así como en el 2005 se planteó el desarrollo de aleaciones Oro-Titanio (Au-Ti), con altos contenidos de oro, superiores al 98%. Este tipo de procesos permiten tener todas las cualidades del oro pero con mejoras sustanciales en resistencia mecánica, para darle aplicaciones en condiciones donde se requiera soportar esfuerzos como en odontología, electrónica y joyería.

Las aleaciones Au-Ti abren grandes posibilidades de aplicación en nuestro entorno gracias a los avances tecnológicos que el grupo de investigaciones GIPIMME ha logrado con respecto a su fabricación, manufactura y modificación de propiedades:

- Aplicaciones como implantes biomédicos o dentales que presenten mayor resistencia a los agentes nocivos del ambiente corporal, que podría deteriorar otros materiales.
- En la electrónica, con conectores, alambres y componentes que requieran una mayor transmisión eléctrica, además de soportar esfuerzos físicos y resistir el ataque químico del medio ambiente, facilitando la tendencia en miniaturización de los dispositivos electrónicos.
- Uno de los campos donde mayores posibilidades tiene la aleación Au-Ti es en joyería, donde se podría dar un mayor nivel de exclusividad con joyas que contengan altos contenidos de oro, y características estéticas diferenciables con dorados más intensos y brillantes.



Figura 2. Pieza fabricada en Au-Ti en el grupo GIPIMME

Dado que los diferentes procesos de manufactura con aleaciones de oro requieren de procedimiento de ensamble por soldadura como en la electrónica, la industria nuclear, la tecnología aeroespacial y la joyería, surge en el 2008 la investigación para el desarrollo de la soldadura para las aleaciones Au-Ti, a partir de un proyecto de investigación de Maestría en Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

El desarrollo del proyecto permitió definir las condiciones de fabricación apropiadas de las aleaciones Au-Ti y Oro-Silicio (Au-Si), para lo cual se utilizó un horno de fusión por plasma, y el procedimiento de soldadura se realizó por medio de la técnica manual que tradicionalmente se ha empleado en joyería. El hecho de que la soldadura fuera aplicada por métodos manuales demuestra la facilidad y las posibilidades de uso de este tipo de aleaciones para ser empleadas por nuestra industria joyera, dado que no se requieren montajes muy complejos o herramientas muy sofisticadas para generar



Figura 3. Procedimiento de soldadura de las aleaciones Au-Ti y Au-Si.

Los resultados de la unión por soldadura de la aleación Au-Ti con metales de aporte basados en Au-Si demostraron ser capaces de generar la compatibilidad necesaria en color, brillo, contenido de oro, resistencia a la degradación, facilidad de aplicación y continuidad a nivel microscópico. Lo que habla de lo promisorio de este tipo de soldadura y de la posibilidad de aplicación en nuestro medio.

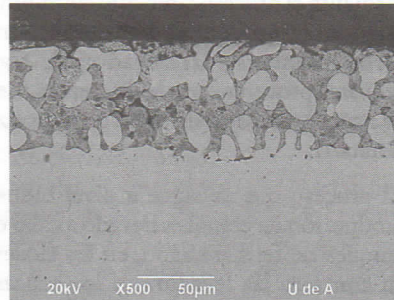


Figura 4. Compatibilidad a nivel microscópico de las aleaciones Au-Ti y Au-Si.



# Alternativas para el proceso productivo de obtención de bioetanol

Por: Lina María Agudelo Escobar

Doctorado en Ingeniería, línea Ambiental



Las emisiones de gases contaminantes generadas a partir de la quema de combustibles fósiles como el petróleo son la principal causa de la contaminación ambiental y el cambio climático a nivel mundial.

Los biocombustibles líquidos como el etanol se han planteado como la alternativa inmediata más importante para sustituir estos combustibles fósiles y reducir en una gran proporción el impacto ambiental.

El etanol es un alcohol que puede ser obtenido mediante el proceso conocido comúnmente como fermentación, en el cual microorganismos (principalmente las levaduras), transforman azúcares provenientes de diferentes fuentes (caña de azúcar, almidón de maíz o hidrolizados de la celulosa).

El proceso que se sigue a nivel industrial en la producción de etanol es llevado a cabo empleando tanques de fermentación, en los cuales se ponen en contacto las levaduras y los azúcares por un tiempo establecido para lograr la conversión de los azúcares a etanol. Luego de esta fermentación se realizan etapas de separación y purificación del alcohol hasta obtener un etanol libre de agua y otros compuestos que puede ser mezclado con las gasolinas, y se utiliza posteriormente como combustible para el parque automotor. Este proceso es conocido en la industria como un sistema discontinuo de fermentación (fermentación por Lote o fermentación Batch).

Para satisfacer la creciente demanda mundial, ha surgido gran interés en el desarrollo de

tecnologías de producción de etanol más eficientes que puedan permitir un incremento en la cantidad de este biocombustible. Dentro de las diferentes estrategias tecnológicas se han evaluado los procesos de fermentación en continuo con retención celular (inmovilización celular), que han demostrado producir mayor cantidad de etanol en menor tiempo.

En este sistema de operación las células de levadura son soportadas o retenidas en matrices sólidas dentro del tanque o columna de fermentación; y se realiza de manera constante el ingreso de una cantidad establecida de azúcar, que es transformada por las levaduras en etanol. Simultáneamente, una cantidad similar de producto (etanol) y restos de la fermentación son retirados del equipo de fermentación y conducidos hacia las etapas de separación y purificación. Este modo de operación permite una obtención continua del producto, lo que hace que la productividad de la fermentación alcohólica sea mayor que la obtenida por el proceso tradicional de fermentación por Lote o Batch.

En esa dirección, el trabajo de investigación realizado por los grupos de investigación Biotecnología y Biotransformación se orientó hacia el desarrollo de sistemas de retención y/o inmovilización de las células de levaduras en matrices sólidas, que puedan ser empacados dentro de los tanques de fermentación, de modo que se logre realizar la producción de etanol mediante un sistema de operación en continuo.

Como matrices sólidas para la retención celular se evaluaron las partículas de materiales de bagazo de caña, viruta de madera, capacho y la tusa de maíz, que son residuos lignocelulósicos obtenidos de diferentes agroindustrias del país. En las Figuras 1, 2 y 3 se pueden apreciar los materiales lignocelulósicos que fueron empleados como soportes en la retención de las células de levaduras.



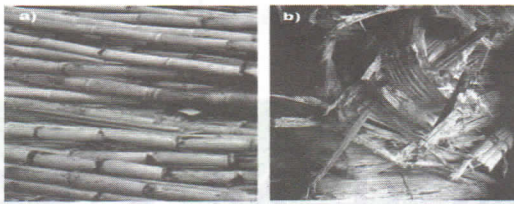


Figura 1. a) Caña de azúcar y b) Bagazo de caña.

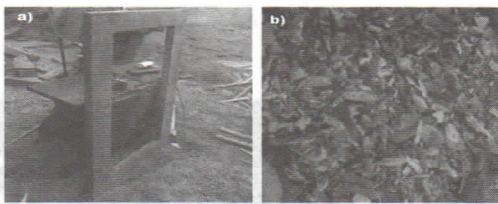


Figura 2. a) Viruta de madera como residuo en una carpintería y b) Detalle de la viruta de madera.

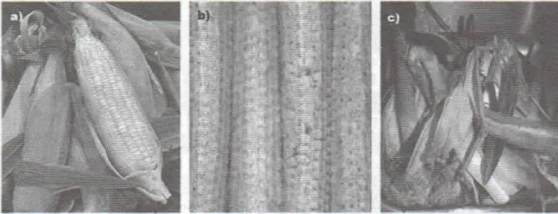
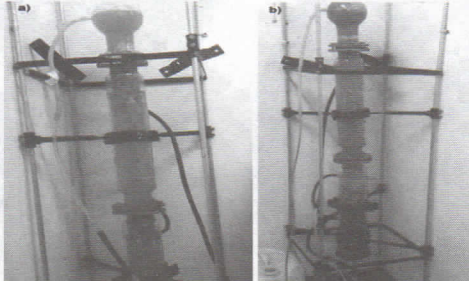


Figura 3. a) Mazorca de maíz, b) tusa de maíz y c) capacho de maíz



Con estos cuatro materiales se desarrollaron biocatalizadores (células + soportes) que fueron empleados en la conversión de los azúcares en fermentaciones realizadas mediante la operación en continuo en columnas de reacción (biorreactores).

En la Figura 4 se presentan imágenes obtenidas mediante Microscopía Electrónica de Barrido de las células de levadura retenidas y/o depositadas sobre la superficie de los materiales lignocelulósicos, y que son las responsables de la conversión de los azúcares en el proceso fermentativo. En la Figura 5 se muestran las imágenes del equipo (biorreactor), empleado como fermentador para realizar la transformación de los azúcares en etanol.

A partir de los resultados obtenidos se logró establecer que los materiales lignocelulósicos: viruta de madera, bagazo de caña, capacho y tusa de maíz, son apropiados soportes en la retención y/o inmovilización de células de levaduras. El bagazo de caña fue el material en el que se logró detectar la mayor cantidad de células de levadura adheridas; y el biocatalizador (soporte + célula) obtenido con este soporte demostró poseer mejores características y resultados en la fermentación alcohólica.

Los materiales lignocelulósicos presentan un alto potencial para ser implementados como soportes en las fermentaciones alcohólicas, debido a las excelentes propiedades mecánicas y físicas que presentan durante el proceso. Las fermentaciones con células inmovilizadas en estos soportes pueden ser realizadas durante largos períodos sin sufrir problemas de contaminación y sin perder viabilidad celular; la operación se lleva a cabo en los biorreactores de una manera estable y se logra mantener una alta productividad y conversión. El promedio global de etanol producido para estos procesos son superiores a los alcanzados típicamente en los procesos tradicionales de las fermentaciones por lote.

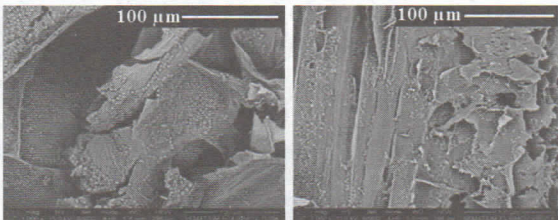


Figura 4. Imágenes obtenidas por SEM del detalle de las células retenidas y/o depositadas en los materiales lignocelulósicos durante las fermentaciones alcohólicas realizadas en operación en continuo.



# INGENIEMOS T.V.

**Uea INGENIEMOS T.U. por Televid**  
se emite todos los miércoles a las 9:30 p. m.  
con retransmisión los sábados a las 2:00 p. m.  
y los martes a las 4:30 a. m.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



Obra de la Corporación Multimedios

# INGENIEMOS T.V.

**Uea INGENIEMOS T.U. por Canal U**  
se emite todos los miércoles a las 8:30 p. m.  
con retransmisión los sábados a las 3:30 p. m.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA



# Grupos de investigación - Facultad de Ingeniería

Centro de Documentación de Ingeniería CENDOI U. de A.



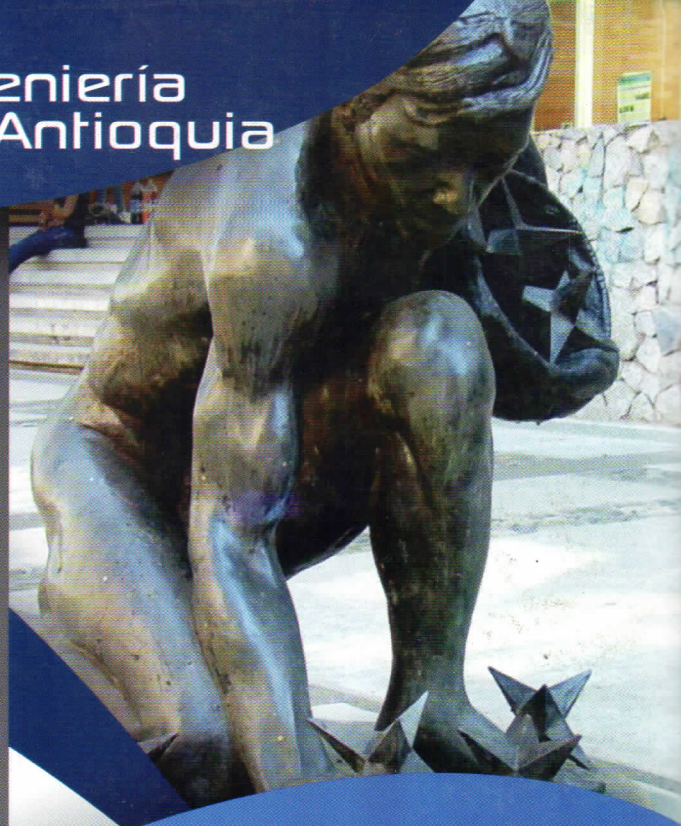
785326

1. Catálisis Ambiental .....	219 6609
2. Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales – CIDEMAT.....	219 6617
3. Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía – GASURE.....	219 5529
4. Diagnóstico y Control de la Contaminación – GDCON .....	219 6571
5. Grupo de investigación en Gestión y Modelación Ambiental – GAIA.....	219 5570
6. Grupo de investigación en Manejo Eficiente de la Energía Eléctrica – GIMEL .....	219 8557
7. Procesos Físicoquímicos Aplicados – PFA .....	219 5538
8. Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental – GIGA .....	219 5596
9. Bioprocesos .....	219 5536
10. Grupo GeoLimna .....	219 8579
11. Grupo de Electrónica de Potencia, Automatización y Robótica – GEPAR .....	219 8567
12. Grupo de investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales – GIPIMME.....	219 5540
13. Grupo de Simulación de Comportamientos de Sistemas – SICOSIS .....	219 5530
14. Grupo de Sistemas Embebidos e Inteligencia Computacional – SISTEMIC .....	219 5560
15. Gestión de la Calidad.....	219 5575
16. Grupo de investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica – GIBIC .....	219 8588
17. Grupo de investigación en Biomateriales – BIOMAT.....	219 8591
18. Ingeniería y Software .....	219 5508
19. Grupo Ciencia y Tecnología Biomédica – CTB.....	219 5576
20. Grupo de Energía Alternativa – GEA .....	219 5547
21. Grupo de Investigación en Telecomunicaciones Aplicadas – GITA .....	219 5563
22. Grupo de Simulación, Diseño, Control y Optimización de Procesos – SIDCOP .....	219 8568
23. Grupo Diseño Mecánico .....	219 5550
24. Ingeniería Civil y Oceanográfica .....	219 5570
25. Innovación y Gestión de Cadenas de Abastecimiento – INCAS.....	219 5576
26. Grupo de Emprendimiento, Finanzas y Gestión Organizacional (GESTA).....	219 5552
27. Grupo de Investigación en Cementos, Cerámicos & Compuestos .....	
28. Grupo de investigación en Materiales y Recubrimientos Cerámicos – GIMACYR.....	219 8540
29. Grupo de Investigación en Materiales y Sistemas Eléctricos – TESLA.....	219 8559
30. Grupo de investigación y desarrollo de procesos agroindustriales y refinerías CERES.....	219 8564
31. Grupo de Materiales Poliméricos.....	219 8544
32. Grupo Ludens.....	219 8576
33. Ingeniería y Sociedad.....	219 5579
34. Ingeniería y Tecnologías de las Organizaciones y de la Sociedad – ITOS.....	219 5530
35. Materiales Preciosos – MAPRE .....	219 5544
36. Observatorio de Participación – OPAR .....	219 8576





# Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia



## Oferta de posgrados

### Especializaciones

- Gestión Ambiental
- Medio Ambiente y Geoinformática
- Preparación y evaluación de proyectos privados
- Logística Integral
- Gerencia de mantenimiento
- Majeo y Gestión del agua
- Análisis y Diseño Estructural

### Maestrías

- Maestría en Ingeniería, con líneas en:
  - Electrónica
  - Materiales
  - Industrial
  - Energética
  - Informática
- Maestría en Logística Integral
- Maestría en Gestión Ambiental
- Maestría en Telecomunicaciones
- Maestría en Ingeniería Ambiental
- Maestría en Ingeniería Química
- Maestría en Ingeniería de Materiales
- Maestría en Ingeniería de Materiales

### Doctorados

- Doctorado en Ingeniería Química
- Doctorado en Ingeniería Electrónica
- Doctorado en Ingeniería de Materiales
- Doctorado en Ingeniería Ambiental

### Servicios y productos

- Servicios de videoconferencia nacional e internacional
- Desarrollo de sistemas de información
- Producción de objetos de aprendizaje

### Educación virtual:

#### Pregrados:

- Ingeniería de Sistemas
- Ingeniería de Telecomunicaciones
- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería Industrial

#### Posgrados

- Especialización en Gestión Ambiental
- Maestría en Gestión Ambiental



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
1803  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ciudad Universitaria Calle 63 N° 53 – 108.  
Bloque 21 Oficina 113  
Teléfonos: 219 55 82 – 219 55 84  
posing@udea.edu.co  
asisposing@udea.edu.co

Por una Facultad de Ingeniería protagonista del desarrollo  
nacional mediante la tecnología y la innovación