



# FINGUACH

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

Entrevista  
Dr. Markus Müller Blender  
Profesor de Física de la Universidad Autónoma  
del Estado de Morelos (UAEM)

Eficiencia energética  
en equipos de aire acondicionado  
en México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

SEP-NOV 2017

Año 4 Núm. 13

ISSN: 2448-5489

latindex

Fotografía de portada:  
Plantilla de barrenación en una mina subterránea

A partir del  
**1° de julio de 2017**

# NÚMERO ÚNICO DE EMERGENCIAS

# > 9.1.1 <



Sigue vigente para  
Denuncia Anónima

Dejan de funcionar:  
060, 061, 065, 066, 068 y 080



M.I. Javier González Cantú

El pasado 14 de agosto inició el ciclo escolar 2017-2018 y damos la más cordial bienvenida a nuestros alumnos de nuevo ingreso y reingreso, haberse incorporado a nuestra Facultad implica una gran responsabilidad que si asumen a cabalidad reflejará grandes recompensas en el futuro; es nuestro deber como académicos dotar a los jóvenes de las herramientas del conocimiento y valores necesarios para enfrentar los retos que plantea nuestro país, así que tengan la certeza de que todos los académicos y personal administrativo que integramos esta Facultad pondremos el mejor de nuestros empeños.

Como es tradición cada año, las XVII Jornadas de Otoño se realizarán del 23 al 27 de octubre y tendremos conferencias de profesores investigadores de nuestra universidad y otras instituciones educativas del país, así como diversos eventos académicos, culturales y deportivos con la finalidad de ofrecer a nuestros estudiantes impulsar el conocimiento científico, tecnológico y cultural que reciben por parte de su casa de estudios.

Por otra parte felicito a los profesores María Elena Estevané Ortega, Héctor Hugo Hernández Hernández y José Luis Herrera Aguilar por la publicación del libro "Problemas de Geometría Moderna", el cual presentaron en la Feria Internacional del Libro Universitario (FILUNI) organizada por la Universidad Nacional Autónoma de México.

Finalmente, agradezco a nuestros colaboradores por su participación en cada edición así como al Dr. Markus Müller Bender, Profesor Investigador de Física de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos por habernos concedido la entrevista central para esta edición.

# Contenido

- 3 >** Descubriendo el arte dentro de la ciencia: la increíble magia de la naturaleza  
M.I. Raúl Arturo Acosta Chávez, Dra. Claudia Georgina Nava Dino, M.I. Perla Ivonne Cordero De Los Ríos y M.C. María Cristina Maldonado Orozco
- 4 >** Eficiencia energética en equipos de aire acondicionado en México  
M.C. Claudio Hiram Carmona Jurado, M.I. Arion Ehécatl Juárez Menchaca y el M.V. Carlos Alfonso Gameros Morales
- 6 >** Panorama de la minería en México  
M.A. Leonardo Agustín Llamas Jiménez
- 8 >** Entrevista con el Dr. Markus Müller Blender  
Profesor de Física de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)
- 10 >** Pulso oxímetros: conociendo el nivel de oxígeno en la sangre  
Ing. Bernardo de la Rocha Pérez, M.C. Ana Virginia Contreras García, Dra. Haydey Álvarez Allende
- 12 >** Capa de ozono  
M.I. Guadalupe Estrada Gutiérrez
- 14 >** De las matemáticas abstractas hasta el reconocimiento de música  
Dr. Alain Manzo Martínez, Dra. Graciela M. J. Ramírez Alonso, Dr. Luis Carlos González Gurrola, Dr. Fernando Martínez Reyes y el Dr. Rodolfo S. González Garza

FINGUACH es la edición institucional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), en la que predominan actividades de ciencia y tecnología con un sentido sustentable para impulsar el desarrollo económico y social, regional, nacional e internacional. El contenido de la publicación es principalmente desarrollado por investigadores de la UACH, así como de otras instituciones gubernamentales y privadas. El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores por lo que no necesariamente refleja el punto de vista de la institución.

Es una edición trimestral gratuita con distribución estatal y nacional en otras universidades, colegios de ingenieros, abogados, arquitectos, ciencias de la información, mineros, geólogos y topógrafos; cámaras empresariales, dependencias gubernamentales, centros de investigación y en congresos tecnológicos.

FINGUACH, Año 4, Núm. 13, septiembre-noviembre 2017, es una publicación trimestral editada por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Secretaría de Extensión y Difusión por la Facultad de Ingeniería, Circuito Universitario s/n, Nuevo Campus Universitario, 31100 Chihuahua, Chih. Tel: (614) 4429502, [www.fing.uach.mx](http://www.fing.uach.mx), [finguach@uach.mx](mailto:finguach@uach.mx). Editor responsable: Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-071312482200-102, ISSN: 2448-5489, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido No. 16657 otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Carmona impresores, Blvd. Paseo del Sol #115, Jardines del Sol, 27014 Torreón, Coah. Distribuida por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario s/n, Nuevo Campus Universitario, 31100 Chihuahua, Chih. Tel: (614) 4429502. Este número se terminó de imprimir el 26 de agosto de 2017 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Los contenidos podrán ser utilizados con fines académicos previa cita de la fuente sin excepción.



## Directorio

M.E. Luis Alberto Fierro Ramírez  
Rector

M.I. Javier González Cantú  
Director

M.A. Jorge Alberto Arias Mendoza  
Secretario Académico

Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos  
Secretario de Investigación y Posgrado

M.I. Rodrigo De La Garza Aguilar  
Secretario de Planeación

M.I. Leticia Méndez Mariscal  
Secretaria Administrativa

M.I. David Maloof Flores  
Secretario de Extensión y Difusión Cultural

## Consejo editorial

M.I. Javier González Cantú  
Presidente

Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos  
Editor en jefe

M.I. Guadalupe Irma Estrada Gutiérrez  
Editor adjunto

Dr. Luis Carlos González Gurrola  
Editor adjunto

Dr. José Luis Herrera Aguilar  
Editor adjunto

M.I. Jesús Roberto López Santillán  
Editor adjunto

M.I. David Maloof Flores  
Editor adjunto

Dra. Cecilia Olague Caballero  
Editor adjunto

Dr. Alejandro Villalobos Aragón  
Editor adjunto

Descubriendo el arte dentro de la ciencia:  
**la increíble magia de la naturaleza**

> M.I. Raúl Arturo Acosta Chávez, Dra. Claudia Georgina Nava Dino, M.I. Perla Ivonne Cordero De Los Ríos y M.C. María Cristina Maldonado Orozco.

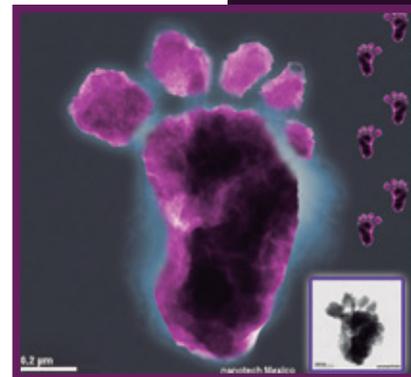
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, FINGUACH Año 4, Núm. 13, septiembre - noviembre 2017



**Figura 1 y 2.** Los microscopios y equipo utilizado MEB Y MET respectivamente. JEOL-5800-LV y JEM-2200FS.



**Figura 3.** *Fractal and Electrochemical Reaction of Lanthanum Oxide*



**Figura 4.** Investigación *Electrochemical Studies and Images Performance of.*

**D**entro de los aspectos de hacer y trabajar en la investigación se cuenta con la oportunidad de descubrir caprichos de la naturaleza. En el apasionante mundo de las ciencias y en el área de análisis de materiales se pueden encontrar expresiones maravillosas que cautivan a quien las observa. A través de microscopios electrónicos de gran capacidad, como lo son los Microscopios Electrónicos de Barrido (MEB) y de Transmisión (MET) se realiza el análisis de muestras que son impresionantes y que son dignos de destacar, ya que se encuentra inmersa la sensación del arte. Aun contemplando que ya por si solas son espectaculares, pero haciendo un juego de uso de aplicaciones de filtros digitales con diversas herramientas de diseño se pueden lograr obras de arte.

Pero no queda en sólo lograr una buena imagen, sino darle una relación con algo de la vida cotidiana, por lo que se trabajó con dos imágenes, resultados de estudios diferentes que fueron enviadas al concurso internacional *Materials Research Society offer the Science as Art competitions (MRS Fall Boston 2015)* dentro de la siguiente liga <http://www.mrs.org/science-as-art/> donde se puede observar ejemplos de arte en la ciencia.

En la siguiente liga se muestran imágenes de pasadas competencia <http://www.youtube.com/watch?v=oxXXtiLO-bl>.

A partir de esto se muestra la experiencia de la investigación realizada sobre aleaciones de lantano aplicadas para el almacenamiento de energía en el microscopio de transmisión *philips JEM-2200FS* usando principalmente las técnicas de campo claro y campo oscuro.

Se agradece el apoyo del Dr. Alberto Martínez Villafañe por su colaboración con los equipos de Microscopía del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV).

#### Referencias

Samples Made by Ball Milling. (2015). Guerrero con rastras. Liga: <http://www.electrochemsci.org/papers/vol10/101210781.pdf>  
 La2O3/TiO2 for Energy Storage. (2016). Pie Humano. DOI: <https://doi.org/10.1557/adv.2016.24> liga: [http://journals.cambridge.org/abstract\\_S2059852116000244](http://journals.cambridge.org/abstract_S2059852116000244).

> M.C. Claudio Hiram Carmona Jurado, M.I. Arion Ehécatl Juárez Menchaca y  
M.V. Carlos Alfonso Gameros Morales

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua,  
FINGUACH Año 4, Núm. 13, septiembre - noviembre 2017

# Eficiencia energética en **equipos de aire** acondicionado en México

**D**e acuerdo con estimaciones de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) en México 30% del consumo total de energía en el sector doméstico se destina al *confort* térmico de las viviendas ubicadas en zonas de clima cálido, esto es alrededor de 45% de los hogares mexicanos (Odón de Buen Rodríguez, 2016).

La eficiencia de los equipos de aire acondicionado se ha incrementado al aplicar el uso de nuevas tecnologías en los equipos, asimismo la medición de la eficiencia energética se ha adecuado a las nuevas tecnologías y en este caso hablaremos de los denominados equipos tipo *“minisplit”*, también conocidos como equipos de tipo dividido ya que en ellos se encuentra una unidad del equipo en el interior del recinto a climatizar y en el exterior una segunda unidad, a diferencia de los equipos centrales o paquete en donde todo se encuentra localizado en el exterior del recinto.

Existen diferentes configuraciones en los equipos *minisplit*, uno de ellos es el denominado “solo frío” que únicamente puede retirar el calor del recinto a climatizar y los denomina-

dos “bombas de calor” que a su vez pueden agregar calor al recinto en temporada invernal, es decir se pueden utilizar como calefacción.

Al momento de adquirir un equipo de estos es necesario identificar la eficiencia energética que brindaría, conocida como relación de eficiencia, ya que a mayor relación eficiencia se traduce en un ahorro energético que conlleva un ahorro económico.

Para establecer la eficiencia de un equipo es necesario conocer la relación de energía térmica o como se llama Efecto Neto de Enfriamiento que suministra un equipo entre la energía eléctrica que utiliza para trabajar; es decir la potencia eléctrica demandada, a esta relación se le conoce como REE (Relación de Eficiencia Energética).

$$REE = \frac{\text{Efecto neto de enfriamiento } W_t}{\text{Potencia Eléctrica } W_e}$$

Y para calcular el ahorro energético del equipo la norma establece el REE mínimo de cada equipo en particular, es por ello que el ahorro de energía se expresa por:

$$\text{Ahorro energético} = \left( \frac{\text{REE de este aparato (W/W)}}{\text{REE establecido en la norma (W/W)}} - 1 \right) \times 100\%$$

Así que en los equipos de aire acondicionado se muestra una flecha con el porcentaje de ahorro de cada equipo, esto en relación a la eficiencia mínima establecida por la norma (Figura 1).

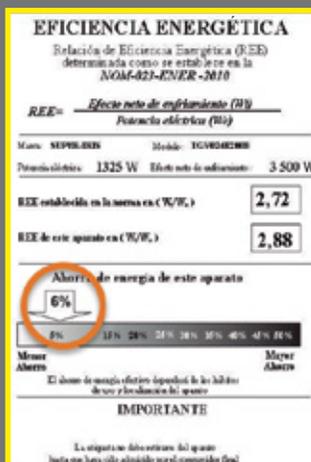


Figura 1. Etiqueta de eficiencia energética, NOM-023-ENER-2010

Para los equipos convencionales la relación de eficiencia energética (REE) es el factor que nos permite comparar la eficiencia de un equipo a otro. Éste, está dado por la relación de energía térmica que puede suministrar el equipo dividido por la energía eléctrica utilizada por el equipo para operar.

Esta relación está estipulada en la norma oficial mexicana "NOM-023-ENER-2010 Eficiencia Energética en Acondicionadores de Aire Tipo Dividido, Descarga Libre y sin Conductos de Aire. Límites, Métodos de Prueba y Etiquetado."

Sin embargo los equipos *minisplit* que cuentan con la tecnología *inverter* regulan la frecuencia eléctrica para variar la velocidad del compresor del equipo, obteniendo así la velocidad mínima necesaria para mantener la temperatura deseada. Estos equipos trabajan autorregulándose para mantener la temperatura del espacio en un período de tiempo largo, si se encienden y apagan por períodos cortos

de tiempo la eficiencia disminuye ya que el equipo no se estabiliza al lograr el *comfort* del espacio debido a que el ahorro energético se obtiene de la estabilización de la temperatura por el tiempo que permanece trabajando el equipo.

Es por ello que la "NOM-026-ENER-2015, Eficiencia Energética en Acondicionadores de Aire Tipo Dividido (*Inverter*) con Flujo de Refrigerante Variable, Descarga Libre y sin Ductos de Aire. Límites, Métodos de Prueba y Etiquetado" es la que indica el cálculo de la relación de eficiencia energética estacional (REEE) ya que para estos equipos el lapso de tiempo operando es fundamental para el ahorro energético.

$$\text{Ahorro energético} = \left( \frac{\text{REEE de este modelo (W}_1\text{/W}_2\text{)}}{\text{REEE mínima para esta capacidad (W}_1\text{/W}_2\text{)}} - 1 \right) \times 100\%$$

Se indica en la etiqueta del equipo con una flecha y número el ahorro energético con respecto a la capacidad declarada del mismo (Figura 2).



Figura 2. Etiqueta de eficiencia energética, NOM-026-ENER-2015

Se tiene en cuenta que como indica la norma "El consumo real dependerá de los usos y hábitos del usuario, así como de la localización del aparato". Asimismo como se especifica en la NOM, el etiquetado de los equipos permite seleccionar aquél que cuente con un mayor ahorro energético ya que siempre se relaciona con la eficiencia mínima declarada por norma para la capacidad de cada equipo.

## Referencias

Odón de Buen Rodríguez, (2016) *Cumpliendo con la NOM-020-ENER-2011 utilizando diferentes tecnologías en la envolvente sin inversión adicional*, REE 09, año 2, enero-marzo, 6 páginas ISSN 2007-7505, FIDE, México.

Odón de Buen Rodríguez, (2015) *Diario Oficial de la Federación Mexicana, PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-026-ENER-2015, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos de aire*. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía). (2017) Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética Vigentes, <http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-en-eficiencia-energetica-vigentes>, consultado el día 23 de junio de 2017.

# Panorama de la minería en México

> M.A. Leonardo Agustín Llamas Jiménez  
 Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua,  
 FINGUACH Año 4, Núm. 13, septiembre - noviembre 2017

**P**ara México la industria minera es pieza medular para el desarrollo del país. Según cifras publicadas en el Programa de Desarrollo Minero (Prodemin) 2013-2018, la minería se ubica dentro de las seis principales fuentes generadoras de ingresos. Los datos publicados por la Cámara Minera de México en su informe anual 2016 revelan que México continúa siendo el líder mundial en la producción de plata y se encuentra entre los diez principales productores de los 19 minerales más importantes. De acuerdo a cifras del INEGI, en 2015 representó el 8.8% del PIB Industrial y 3.0 del PIB Nacional (3.9% del PIB Nacional considerando la minería ampliada). Con un crecimiento en la producción de este sector en apenas 1.7% la balanza comercial minero-metalúrgica resultó aun positiva pero afectada por tercer año al descender 23.8%, este sector disminuyó nuevamente la generación de divisas respecto a 2014 tras alcanzar 14 mil 579 millones de dólares, ahora por debajo del sector automotriz, el electrónico, las remesas, el petróleo, el turismo y por arriba de la actividad agroindustrial.

Es importante mencionar que el 70% de la superficie del territorio nacional tiene un alto potencial de desarrollo geológico, mucho del cual se encuentra en espera de ser explorado.

La industria minera incrementó su eficiencia en sus operaciones y en su mano de obra a través de la reducción de costos por medio de la innovación que originó nuevos procesos de operación, haciendo hincapié en la capacitación y formación de profesionales y técnicos. Al cierre de 2015 y de acuerdo con datos del Instituto Mexicano del Seguro Social sólo fue posible crecer 1.2% en materia laboral al llegar a 344 mil 912 plazas de trabajo generando únicamente 4 mil 95 nuevas plazas, una reducción de 50.8% respecto a las generadas en 2014 y que contrasta negativamente frente a los 18 mil 833 creados en 2012.

El sector minero confía en mantener las fuentes de empleo actuales aún en los tiempos difíciles por los cuales estamos atravesando, se espera que en el mediano plazo y conforme los precios de los metales mejoren, comenzarán a reactivarse proyectos que se han postergado.

México no ha escapado al adverso panorama internacional, el sector se ha visto más desfavorecido en la actividad de exploración al no poder deducir los gastos preoperativos de este rubro, lo que ha provocado un fuerte descenso en el capital de inversión. El incremento en los aranceles para

mantener las concesiones ha obligado a las empresas a reducir sus propiedades, quedándose únicamente con las más rentables o económicamente más viables. A pesar de la reducción de los precios de los metales y a los nuevos derechos vigentes desde 2014 el atractivo minero y la captación de capitales en el país continúan fluyendo, aunque con una marcada desaceleración, pero ha venido perdiendo terreno frente a sus competidores internacionales.

A pesar de las situaciones adversas el sector minero se mantiene como una de las industrias productivas que más inversión realizó durante el 2015 en el país, se invirtieron 4 mil 630 millones de dólares, quedando por debajo del monto previamente estimado de 5 mil 458 millones de dólares y que contrasta con los 8 mil 43 millones invertidos en 2012.

El área más afectada fue la de exploración por la eliminación de la deducción fiscal de los gastos de exploración en períodos preoperativos en el año en que se realizaron. Por tercer año consecutivo disminuyó la inversión en exploración, al sólo alcanzar 528 millones de dólares, 38.3% por debajo de la cifra alcanzada en 2014.

La industria minera requiere de seguridad jurídica en inversiones con reglas claras para lograr estar a la par de sus competidores latinoamericanos.

En México pocos proyectos fueron puestos en operación y al menos 25 proyectos mineros fueron aplazados en el año. La minería requiere urgentemente de permisos y trámites más expeditos que motiven la inversión. Es claro que no es suficiente tener un potencial geológico minero atractivo, si no existe una política minera de estado que garantice y estimule el desarrollo de la industria.

#### Referencias

- <http://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria>
- <http://outletminero.org/mineria-en-mexico>
- <http://www.forbes.com.mx/bienvenidos/>
- <http://www.desec.org.mx/mineria.php>
- <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/mineria-en-mexico>
- <http://www.revistacontacto.com.mx/index.php/principales/mineria>
- <http://www.inegi.org.mx/>
- <https://camimex.org.mx/files/3614/6852/9181/02>
- <http://eleconomista.com.mx/taxonomy/term/11415>
- <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/mineria/default.aspx?tema=E>
- <http://mexico.infomine.com/>





# Dr. Markus Müller Blender

Profesor del departamento de física de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

**D**e visita en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, el Dr. Markus Müller Blender concedió una entrevista para la revista FINGUACH en la que platicó acerca de las líneas de investigación que ha desarrollado como profesor del departamento de física de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

Egresado de la Universidad de Dresden en Alemania, el Dr. Müller cursó un Doctorado en Física y posteriormente obtuvo una beca para realizar una estancia de investigación en el Centro de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Autónoma de México ubicado en Cuernavaca, Morelos.

*"En 1996 obtuve una beca para realizar una estancia con el Dr. Thomas Seligman y trabajamos en una investigación de correlaciones en sistemas cuánticos abiertos. Me gustó mucho México y el trabajo que realicé bajo la dirección del*

*Dr. Seligman, así que cuando me ofrecieron una plaza en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos en 1998 como Profesor Titular en el Departamento de Física decidí quedarme y ya tengo 21 años viviendo en México".*

Desde que llegó al estado de Morelos, el Dr. Müller ha manejado una línea de investigación de análisis y modelación de sistemas complejos dentro de la cual ha desarrollado diversos estudios como el desarrollo de nuevas técnicas de análisis multivariantes, la dinámica cerebral durante ataques epilépticos frontales, la dinámica de la red funcional durante el ciclo de sueño, la interrelación entre el ciclo de sueño y epilepsia, así como investigaciones sobre los procesos de cognición y el papel de la corteza auditiva para actividades motoras y cognitivas, los mecanismos que fomentan la acción en conjunto y la comunicación no verbal, entre otras.

*"El enfoque principal de las actividades de mi grupo de investigación es el desarrollo de métodos de análisis y su aplicación a datos empíricos que provienen de sistemas complejos tan diferentes como el transporte público en Cuernavaca, la actividad eléctrica cerebral, reacciones químicas, sistemas biológicos y seres humanos actuando en conjunto. Para ello se usan técni-*

cas que tienen su origen en la teoría de matrices aleatorias, análisis de fluctuaciones, teoría de gráficas, sistemas dinámicos y también se derivan métodos con base en la teoría de información”.

*“Un ejemplo de lo que he estudiado dentro de la línea de sistemas complejos es una investigación sobre el cerebro humano, el cual funciona a través de una red de neuronas que se conectan entre sí con una dinámica sorprendente que llega a generar la imaginación, la lógica y consciencia”.*

El Dr. Müller ha desarrollado en conjunto con otros investigadores de la UAEM un análisis del sistema de transporte público de Cuernavaca: *“El proyecto surgió gracias a la visita de un investigador de República Checa a Cuernavaca que elaboró un análisis del transporte público basándose en datos cuantitativos que le fueron proporcionados por los “checadores” que se encargan de verificar el número de personas que transporta cada unidad, así como el tiempo que tardan en llegar al destino fijado por la ruta para mantener una distancia óptima entre cada unidad de transporte, la investigación consistió en analizar esos datos a través de técnicas de matrices aleatorias y diseñamos un modelo matemático para mejorar el servicio del transporte público. En ese proyecto colaboramos varios alumnos de la maestría en ciencias físicas, un especialista en el tema y yo, entre todos elaboramos un modelo que nos permitiera predecir y simular la situación del transporte público para optimizar el tráfico de la ciudad lo más apegado a la realidad”.*

Otra de las investigaciones realizadas por el Dr. Müller se enfoca en los procesos de cognición y el papel de la corteza auditiva para actividades motoras y cognitivas, respecto al proyecto comentó lo siguiente: *“Una particu-*

*laridad conocida del cerebro humano es la íntima conexión entre la corteza auditiva y motora. Esto conduce a un efecto que en inglés se llama entrainment, es decir, que bajo la influencia de estímulos acústicos rítmicos los sujetos modifican la frecuencia de su movimiento. La terapia con música aprovecha este efecto, donde la estructura temporal del ritmo provoca ciertos patrones espacio-temporales en la corteza auditiva, que a su vez fomentan la actividad adecuada en la corteza motora. El orden o bien la estructura temporal de un ritmo fomenta la coordinación de movimientos. En Alemania hicimos un ejercicio con varios equipos de fútbol elegidos aleatoriamente, durante los entrenamientos hicimos que uno de los equipos entrenara con un ritmo de música con la misma intensidad y velocidad al mismo tiempo y mediante ello realizamos un conteo de los pases y el contacto que cada jugador tenía con el balón, mientras que al otro equipo lo hicimos entrenar con el mismo ritmo pero a cinco velocidades diferentes; a través del ejercicio pudimos definir la conectividad existente entre los jugadores, tuvimos que grabar todos los partidos y el resultado fue que el equipo que entrenó con el mismo ritmo de música estaba mejor comunicado y ello propició que jugaran mejor, de tal manera que concluimos que los estímulos acústicos pueden conducir espontáneamente a un mejor desempeño cognitivo”.*

Finalmente el Dr. Müller indicó estar muy interesado en trabajar directamente con los maestros y alumnos del área de ciencias básicas de la Facultad de Ingeniería de la UACH en proyectos de investigación que beneficien a la sociedad chihuahuense.



Dr. José Luis Herrera, Dr. Markus Müller y el Dr. Fernando Astorga



# Pulso oxímetros:

## Conociendo el nivel de oxígeno en la sangre

- \*Ing. Bernardo de la Rocha Pérez, M.C. Ana Virginia Contreras García, Dra. Haydey Álvarez Allende.

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua,  
\*Estudiante de la Maestría en Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UACH  
FINGUACH Año 4, Núm. 13, septiembre - noviembre 2017

**P**ara poder sobrevivir el cuerpo requiere alimento, agua y oxígeno, pero de estos tres factores el último es sin duda el más importante. Un ser humano puede perder el conocimiento en sólo unos minutos a falta de oxígeno. Por suerte es tan abundante en el medio ambiente que con cada respiración se tiene la seguridad de que habrá suficiente oxígeno para el cuerpo. Sin embargo existen condiciones médicas que podrían ocasionar que nos hiciera falta oxígeno, como problemas respiratorios o alguna enfermedad pulmonar.

Pero ¿qué ocurriría si no tenemos oxígeno suficiente? Los resultados podrían ser peores que un simple desmayo, al no haber suficiente oxígeno en cada respiración el nivel de oxígeno en el cuerpo disminuye gradualmente y se entra en un estado de hipoxia (falta de oxígeno) cuyos síntomas iniciales son un aumento en la frecuencia respiratoria y en el ritmo cardiaco además de ansiedad, fatiga y dolor de cabeza. Si la hipoxia se prolonga por unos minutos los síntomas empeoran gravemente, el funcionamiento cerebral puede verse comprometido ocasionando desorientación e incluso alucinaciones; el corazón acelera su ritmo tratando de mandar oxígeno a todo el cuerpo ocasionando taquicardia; la piel empieza a tornarse de color azul, en este punto si la hipoxia no es tratada de inmediato el ritmo cardiaco y la presión arterial disminuyen ocasionando la muerte.

Existen otras causas por las que el nivel de oxígeno en la sangre puede bajar, desde hacer ejercicio, cambios de altitud, hasta fumar y beber alcohol. Esto no significa que el simple hecho de hacer ejercicio ocasione que se entre en un estado de hipoxia, pero si se combinan algunos de estos factores es posible que se reduzca el nivel de oxígeno de manera considerable perjudicando la salud.

La hemoglobina (Hb) es el componente de la sangre que se encarga de transportar oxígeno y otros gases a través del cuerpo. Ésta se presenta de varias formas dependiendo de qué gas esté transportando, en el caso del oxígeno es llamada Oxihemoglobina (HbO<sub>2</sub>). De esta forma el nivel de oxígeno en la sangre o saturación de oxígeno se refiere a la relación que existe entre la Hb y HbO<sub>2</sub>, los valores normales a nivel del mar son de 95% a 100%; valores por debajo de 90% se consideran como un estado de hipoxia leve, mientras que un valor por debajo de 80% corresponde a una hipoxia severa donde se compromete el funcionamiento de los órganos.

Existen diversos métodos para medir el nivel de oxígeno en la sangre, pero uno que ha ganado popularidad en los últimos años es la pulso oximetría, una técnica no invasiva que mide la saturación de oxígeno

periférica ( $SpO_2$ ) es decir, mide el oxígeno en partes del cuerpo alejadas del corazón como lo son dedos, pies y orejas. La ventaja de este método es que prácticamente es instantánea y el dispositivo utilizado para realizar la medición, pulso oxímetro u oxímetro de pulso puede caber en la palma de la mano.

El funcionamiento de un pulso oxímetro es muy sencillo y se basa en dos fenómenos físicos, el primero es la capacidad que tiene una sustancia de absorber luz y el segundo son los cambios de presión y volumen en la sangre generados por las pulsaciones del corazón. La absorción de la luz está descrita por la ley de *Beer-Lambert*, ésta establece que cada sustancia absorbe la luz en diferentes longitudes de onda (diversos colores) en distintas cantidades. Además, esa ley relaciona la absorción de la luz con la concentración de la sustancia. Toda sustancia obedece esta ley, incluyendo la sangre y el oxígeno dentro de ella, por lo que es posible conocer la  $SpO_2$  si conocemos la absorción de cada una de estas sustancias.

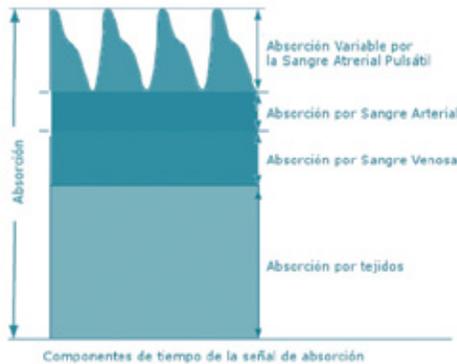


Figura 1.

Sin embargo surge un problema, como se puede apreciar en la Figura 1, los demás fluidos y tejidos que se encuentran alrededor del área en la que se quiere medir la  $SpO_2$  absorben luz en grandes cantidades y pueden ocasionar mediciones erróneas. Es aquí donde entran los cambios de presión y volumen, estos ocasionan que las concentraciones de hemoglobina sean variables y por lo tanto su absorción también lo es debido a que los tejidos que no son de interés no presentan este comportamiento y permanecen constantes, es posible tomar en cuenta sólo los valores arrojados por la hemoglobina y eliminar aquellos que permanecen constantes durante la medición, simplificando de manera significativa el proceso y obteniendo valores más confiables.

Un pulso oxímetro puede dividirse en dos componentes principales, cada uno de ellos de igual importancia. El primer componente es el sensor y el otro es el microprocesador que controla al sensor, ya que es necesario medir la absorción de la HbO

y la Hb, el sensor debe utilizar dos luces de colores diferentes para poder distinguir entre las dos hemoglobinas. La luz se hace incidir en el dedo, pie u oreja y mediante la ley *Beer-Lambert* es posible calcular la diferencia entre las concentraciones de las hemoglobinas y determinar la  $SpO_2$ .

Ahora, el sensor por sí solo no es capaz de realizar la medición y mucho menos de procesar la información. Es por esto que se utiliza el microprocesador, el cual controla al sensor basado en el segundo fenómeno físico mencionado anteriormente (cambio de presión) de forma que enciende las fuentes de luz de forma intercalada, primero una y luego la otra; cabe destacar que la luz por ser un medio analógico y continuo tiene que ser convertido a un valor digital y discreto (discontinuo) por lo que es necesario tomar el mayor número de mediciones que sea posible, sin comprometer el desempeño, de tal modo que no se pierda información valiosa en la conversión. Además el microprocesador se encarga de calcular los valores deseados, aunque lo que se busca es la  $SpO_2$ , algunos pulso oxímetros también muestran el pulso cardíaco junto con la gráfica de pulsaciones.



Aunque su funcionamiento es sencillo, los pulso oxímetros suelen ser costosos o poco confiables, los de grado médico pueden llegar a costar alrededor de los 10 000.00 MXN y los más baratos del mercado están cerca de los 200.00 MXN, desafortunadamente son dispositivos genéricos de mala calidad que arrojan valores inciertos. Sabiendo esto es posible escoger un pulso oxímetro que se adapte a las necesidades, por lo que no hay excusa para no tener uno y conocer los niveles de oxígeno que se tienen al hacer ejercicio o al estar en la oficina.

#### Referencias

- Barker, S. J. (2002). Principles of pulse oximetry technology. Consultado el 3 de Mayo de 2017, en Oxymetri.org: <http://www.oximetry.org/pulseox/principles.htm>
- Kamat, V. (2002). Pulse oximetry. Indian J. Anaesth, 46(4) 261-268.

# Capa de ozono

► M.I. Guadalupe Estrada Gutiérrez

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, FINGUACH Año 4, Núm. 13, septiembre - noviembre 2017

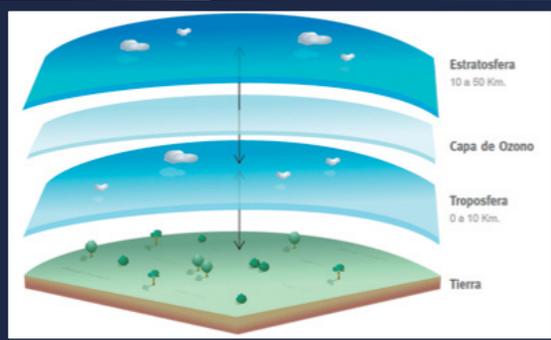


Figura 1. Diferentes capas de la atmósfera terrestre (PNUMA-AFIP, s.f.).

No existe la capa de ozono como un manto que rodea la Tierra protegiéndonos de la radiación solar. El ozono es un gas que se encuentra en la atmósfera con una baja concentración, se localiza entre los 15 y 50 km de altitud (Newtenberg, s.f). Entre los gases que componen la atmósfera estratosférica (Figura 1) en los niveles de máxima concentración del ozono éste sólo representa el 0.001% del volumen de aire total. No obstante, su presencia es fundamental para mantener la vida en la Tierra ya que éste filtra los rayos ultravioleta emitidos por el Sol.

De acuerdo a Duro, *et al.* (2003) “el Sol es la fuente natural de radiación electromagnética que se caracteriza por su frecuencia y longitud de onda y suele clasificarse atendiendo a dos propiedades en diferentes grupos. Al conjunto de todas ellas se le denomina espectro electromagnético y en él se distinguen desde ondas de radio, microondas, infrarrojos, luz visible, luz ultravioleta, rayos X, rayos *gamma*”, entre otros. De todo el espectro solar sólo la luz visible, los infrarrojos y una parte de la radiación ultravioleta alcanzan la superficie terrestre en las siguientes proporciones: 50, 40 y 10% respectivamente (Ribera y Paradelo, 1997). El resto son detenidos por el ozono estratosférico.

La energía de la radiación ultravioleta es inversamente proporcional a su longitud de onda, de manera que la más corta es la más energética. De acuerdo a esta condición la radiación solar se clasifica en tres bandas energéticas: UVC los cuales son absorbidos por la capa de ozono y son considerados como los más nocivos (200-290 nm); UVB (290-320 nm) y UVA (320-400 nm). Según Pathak y Fitzpatrick (1993) citados por Duro (2003) “La irradiación UVR que alcanza la superficie terrestre puede ser de 2 a 6 mW/cm<sup>2</sup>, siendo la proporción de rayos UVA 10-20 veces superior que la UVB (5-6 mW/cm<sup>2</sup> vs 0,3-0,5 mW/cm<sup>2</sup>)”.

La contaminación del aire protege frente a los UVR, pero a un alto precio que resulta indeseable por otros muchos problemas asociados a ella. El ozono troposférico y las partículas que sustenta el aire pueden bloquear los UVR, aunque se ha demostrado que las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) son sustancias que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono de la estratosfera. Las SAO son básicamente hidrocarburos

clorinados, fluorinados o brominados e incluyen: clorofluorocarbonos (CFC) hidroclorofluorocarbonos (HCFC) halones, hidrobromofluorocarbonos (HBFC) bromoclorometano, metilcloroformo, tetracloruro de carbono y bromuro de metilo. Todos ellos poseen propiedades físicas y químicas adecuadas para ser empleados en múltiples aplicaciones y son los principales responsables del adelgazamiento de la capa de ozono (Sánchez, 2008). Son complejas y múltiples las reacciones químicas que describen este fenómeno, todas ellas configuran el llamado "ciclo de destrucción catalítica del ozono".

Estos compuestos que en la baja atmósfera son inertes y de larga vida (varias décadas) al llegar a nivel estratosférico pierden su estabilidad química y reaccionan eficazmente con el ozono, consumiéndolo (Bruhl y Crutzen, 1990). El aporte de los CFC al calentamiento global (efecto invernadero) es significativo; durante la década de 1980 su contribución era del 25%.

Entre los usos industriales que emplean los CFC se encuentran: producción de frío (industria frigorífica, refrigeradores domésticos, aire acondicionado); producción de plásticos expandidos (poliuretano y poliestireno); producción de propelentes (productos en aerosol tales como: alimentos, cosméticos, insecticidas, pinturas); producción de solventes (industria electrónica en limpieza de componentes).

Según Domenech (1993) y Rowland, (1991) los CFC provocaron hasta el año 1990 una disminución en la columna global de ozono 1.6 a 3.0%, como consecuencia de ello la radiación UV-B se incrementó entre el 3 y 6%. Sobre la Antártida todas las primaveras la capa de ozono es destruida en aproximadamente un 50% provocando un aumento de radiación UV-B que excede el 100%. Si bien la manifestación más notoria del agujero de ozono se ha dado sobre la Antártida, estudios recientes permitieron detectar situaciones similares en ambos hemisferios y por lo tanto el carácter global del fenómeno.

Una de las principales consecuencias de este hecho es el incremento de la radiación ultravioleta que llega a la Tierra. Esta radiación es nociva para la vida, es mutagénica y potencialmente cancerígena y muchos estudios han revelado su efecto inmunodepresor (pérdida

de defensas en el organismo) así como también causando efectos negativos para la agricultura y los sistemas planctónicos. Se observaron también efectos adversos sobre la calidad del aire en la tropósfera, ya que el incremento de radiación altera los procesos químicos atmosféricos de esta región.

En cielos plenamente cubiertos de nubes hay disminución de la irradiación UV de la superficie, pero el efecto de nubes aisladas o dispersas puede incrementar los niveles de UV localizados si está presente la luz del sol por efecto de la dispersión (Duro, 2003).

Los efectos biológicos sobre la piel son muy diversos y dependen de la longitud de onda, penetración en la piel y tiempo de exposición, pudiendo aparecer poco después de la exposición solar o años más tarde.

### Alternativas de protección de la capa de ozono

- Minimizar el uso de productos con CFC.
- Elegir productos que posean compuestos con menor potencial de destrucción de ozono, tales como los hidroclorofluoro-carbonados (HCFC) o aquellos que no reaccionan con el ozono, como los hidrofluorocarbonados (HFC).

### Referencias

- Bruhl, Ch. y Crutzen, P.J. (1990). *Ozone and Climate Changes in the light of the Montreal Protocol: A Model Study*. AMBIO vol. XIX, 6-7
- Domenech, X., (1993). *Química Ambiental*. Ed. Miraguano. S.A. Madrid AMBIO, vol. XIX, no. 6/7, Oct.1990
- Duro Mota, E., Campillos Páez, M. T., & Causín Serrano, S., (2003). *El sol y los filtros solares*. *Medifam*, 13(3), 39-45. Recuperado en 11 de agosto de 2017, de <http://scielo.isciii.es>
- Newtenberg, s.f. Consultado el 10 de agosto de 2017 en [www.sinia.cl/1292/fo-article-34566.pdf](http://www.sinia.cl/1292/fo-article-34566.pdf)
- Pathak MA y Fitzpatrick TB. (1993). *Preventive Treatment of Sunburn, Dermatoheliosis, and Skin Cancer with Sun-Protective Agents*. En: Fitzpatrick TB, Eisen AZ, Wolff K, Freedberg IM, Austen KF. *Dermatology in General Medicine*. 4ª ed. McGraw-Hill. p. 1689-1719.
- PNUMA- AFIC, s.f, Módulo 1, La capa de ozono y las SAO. sustancias que agotan la capa de ozono (SAO). Recuperado en 30 de julio de 2017 de [www.pnuma.org/ozono/curso/pdf/m1.pdf](http://www.pnuma.org/ozono/curso/pdf/m1.pdf)
- Ribera Pibernat M. y Paradelo García C. 1997. El sol y la piel: fotoprotección y filtros solares. *Medicina Integral*; 30: 64-71.
- Rowland, F.S., (1991). *Stratospheric Ozone*. *Environm. Sci. Tech*, 25, 622.
- Sánchez Vega Marco. (2008). *La capa de ozono*. Revista de educación ambiental, Biocenosis, UNED. 21 (1-2), 65-68. Recuperado en 30 de julio de 2017 de <http://investiga.uned.ac.cr/revistas/index.php>

# De las matemáticas abstractas hasta el reconocimiento de música

► Dr. Alain Manzo Martínez, Dra. Graciela M. J. Ramírez Alonso, Dr. Luis Carlos González Gurrola, Dr. Fernando Martínez Reyes y el Dr. Rodolfo S. González Garza\*

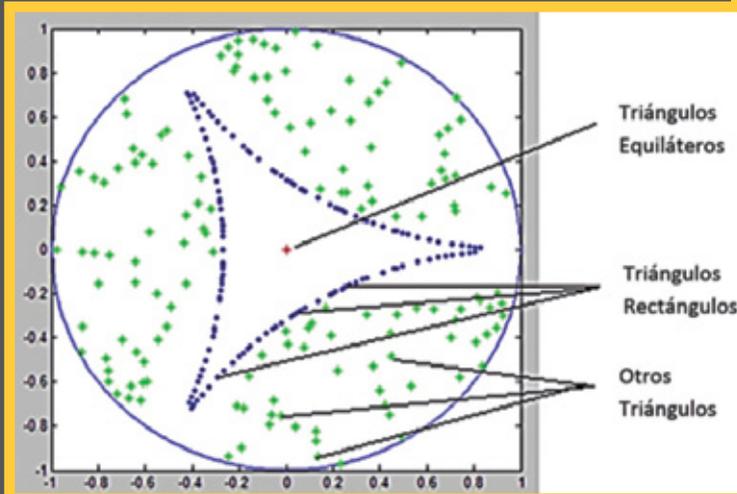
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, Instituto Tecnológico de Morelia\*  
FINGUACH Año 4, Núm. 13, septiembre - noviembre 2017

Desde la antigüedad la música ha sido un aliciente para la vida del ser humano. En la actualidad la música y en general el audio tienen diferentes fines que van desde terapia hasta el puro placer de escucharla. Desde el punto de vista científico existen diferentes categorías que ayudan a estudiar el comportamiento del audio/música en ciertos entornos cotidianos. Una categoría es Recuperación de la Información de la Música (RIM) la cual es un área que crece rápidamente, especializándose en el reconocimiento, clasificación, indexación y recuperación de datos de la música, principalmente para aplicaciones en *internet*, bases de datos y librerías.

Con respecto a la categoría RIM, existe una subcategoría que hace referencia a los Sistemas de Identificación de Audio Basados por su Contenido. La mayoría de las investigaciones que tratan sobre estos sistemas proponen procedimientos o técnicas de extracción de la Huella de Audio (HA). Una HA se podría decir que es la firma con la que una pieza de audio se identifica y por lo tanto, es única. La HA se utiliza para enlazar "audio desconocido" a sus correspondientes metadatos (nombre de la pieza, intérprete y autor, entre otros) sin importar el formato del archivo de audio.

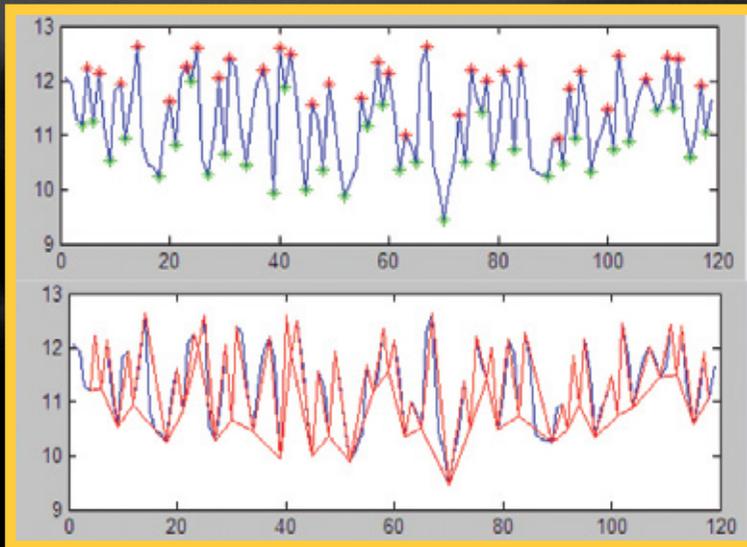
Para extraer la HA por lo general se utilizan diferentes herramientas matemáticas o de inteligencia artificial. Una herramienta matemática poco explorada, que es sencilla en su interpretación y que puede ser bastante robusta para extraer la HA de una señal de audio es el mapeo o proyecciones de triángulos sobre un círculo unitario en el plano complejo. Como se sabe, un triángulo en geometría es un polígono de tres lados determinado por tres segmentos de tres rectas que se cortan en denominados lados o aristas. Los tres puntos no alineados donde se cortan las rectas son llamados vértices. Dependiendo de las características de los triángulos, éstos se pueden clasificar por la longitud de sus lados o por la amplitud de sus ángulos.

Considerando las definiciones anteriores y tomando en cuenta que un triángulo está determinado por sus vértices en un plano cartesiano, si se consideran los vértices de un triángulo como una terna de números complejos, se puede asociar a cada triángulo con un punto sobre un círculo unitario que está ubicado en el plano complejo. Para mostrar lo antes mencionado se desarrolló un programa en MATLAB donde se generan diferentes tipos de triángulos y se realizan las proyecciones sobre el círculo unitario. En la Figura 1 se muestra la ubicación de los puntos que asocian a los diferentes triángulos que fueron generados por el programa.

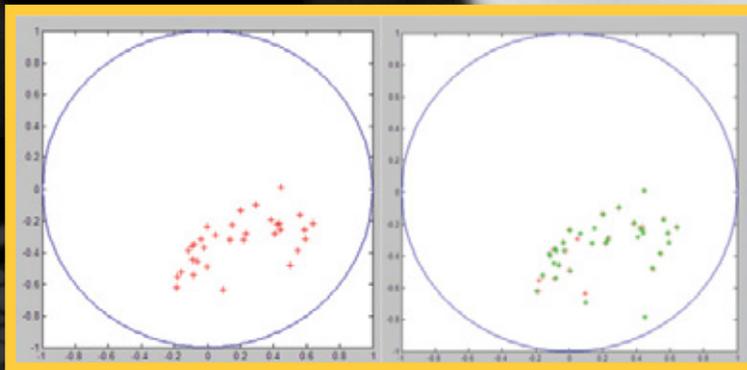


**Figura 1.** Mapeo de diferentes tipos de triángulos sobre el círculo unitario en el plano complejo.

A manera de ejemplo, considere la serie de tiempo que es mostrada en la Figura 2 y que fue obtenida a partir de una señal de audio. Usando el criterio mínimo-máximo-mínimo puede generarse una secuencia de triángulos sobre esta serie, tal como se muestra en la parte inferior de la Figura 2. Dado que es posible proyectar la secuencia de triángulos dentro del círculo unitario ubicado en el plano complejo, el resultado sería un círculo con diferentes puntos en su interior (puntos rojos) el cual estaría representando por la HA de la señal de audio (ver lado izquierdo de la Figura 3).



**Figura 2.** Criterio de máximos y mínimos (puntos rojos y verdes, respectivamente) para generar una secuencia de triángulos sobre una serie de tiempo.

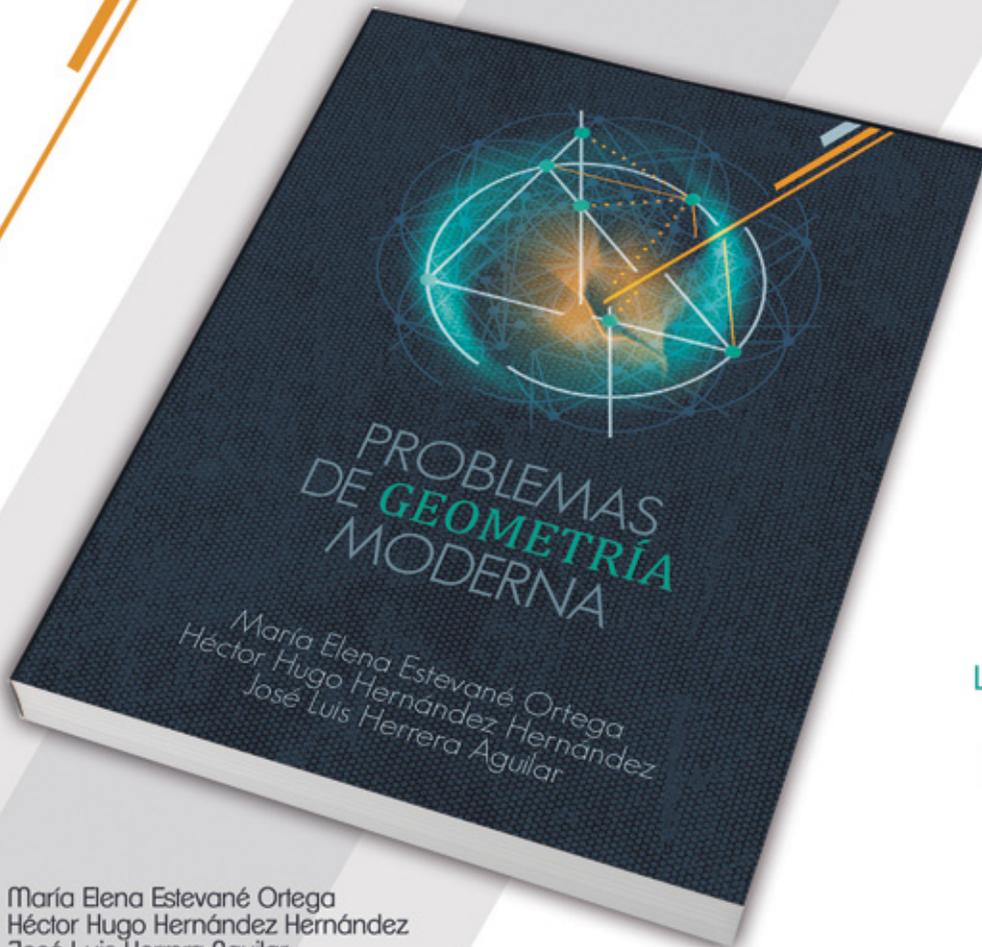


**Figura 3.** Representación de una HA basada en el mapeo de triángulos sobre un círculo unitario en el plano complejo (lado derecho). Los puntos verdes sobre la gráfica corresponden a la HA generada a partir de una versión degradada de la señal original de audio (lado izquierdo).

Es posible demostrar que la versión degradada de una señal de audio puede generar una HA muy similar a la HA de su versión original utilizando este procedimiento. En la parte derecha de la Figura 3, mediante puntos verdes se muestra la HA generada a partir de una versión degradada de la señal de audio original. Como era de esperarse, existe una correspondencia en cuanto a la ubicación de los puntos rojos y verdes. Esto se logra sólo si los triángulos son congruentes o semejantes entre sí en las secuencias obtenidas a partir de las series de tiempo de ambas piezas de audio. Como último paso de esta técnica de reconocimiento de audio se puede usar una métrica para determinar si la versión degradada de una pieza de música puede ser identificada como el mismo contenido perceptual con respecto a su versión original.

## Referencias

- Cano, P., Battle, E., Kalker, T., Haitma, J., (2002). *A Review of Algorithms for Audio Fingerprinting*, *Proceedings on IEEE Workshop Multimedia Signal Processing*, 169-173.
- Allamanche, E., Jurgen, J., Hellmuth, O., Froba, B., Cremer, M., (2001). *Audioid: Towards Content-Based Identification of Audio Material*, *110th AES-Convention*, Amsterdam, Convention Paper 5380.
- Camarena, A., Chavez E., (2006). *A Robust Entropy-Based Audio Fingerprint*, *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*.



# ISBN

978-807-536-000-3

Libro editado por la Universidad Autónoma de Chihuahua

A la venta en la Librería Universitaria del campus 1 de la UACH

María Elena Estevané Ortega  
Héctor Hugo Hernández Hernández  
José Luis Herrera Aguilar



## FINGUACH

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

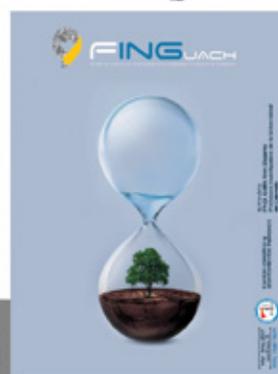
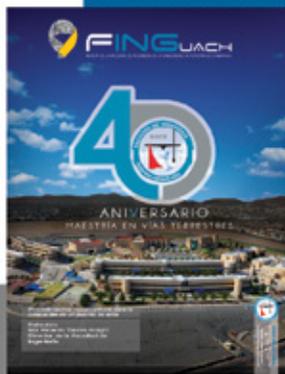
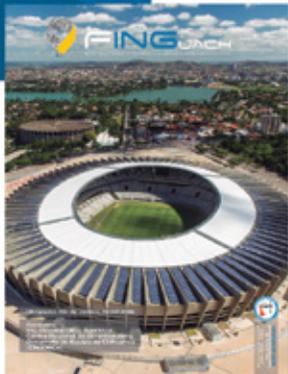
**Revista de ciencia y tecnología**

- ISSN 2448-5489
- Indexada a Latindex

# ANÚNCIATE aquí

**Distribución**

Ingenieros  
Abogados  
Arquitectos  
Ciencias de la información  
Mineros  
Geólogos y topógrafos  
Cámaras empresariales  
Dependencias gubernamentales  
Centros de investigación  
Congresos tecnológicos



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

[www.fing.uach.mx](http://www.fing.uach.mx)

Tel. (614) 413.9779  
[chavez@roodcomunicacion.com](mailto:chavez@roodcomunicacion.com)



# ¡DEJA AL CALOR Y EL FRÍO AFUERA!



**ISOBLOCK GCC**  
Block térmico de concreto



5 veces  
**+ térmico**  
que el block



- 🔗 Medidas: 12 y 15 cm de ancho.
- 🔗 Compatibles con sistemas constructivos tradicionales.
- 🔗 Piezas especiales para castillos en muro y esquinas.

**01 800 1111 422**

[www.gcc.com](http://www.gcc.com)