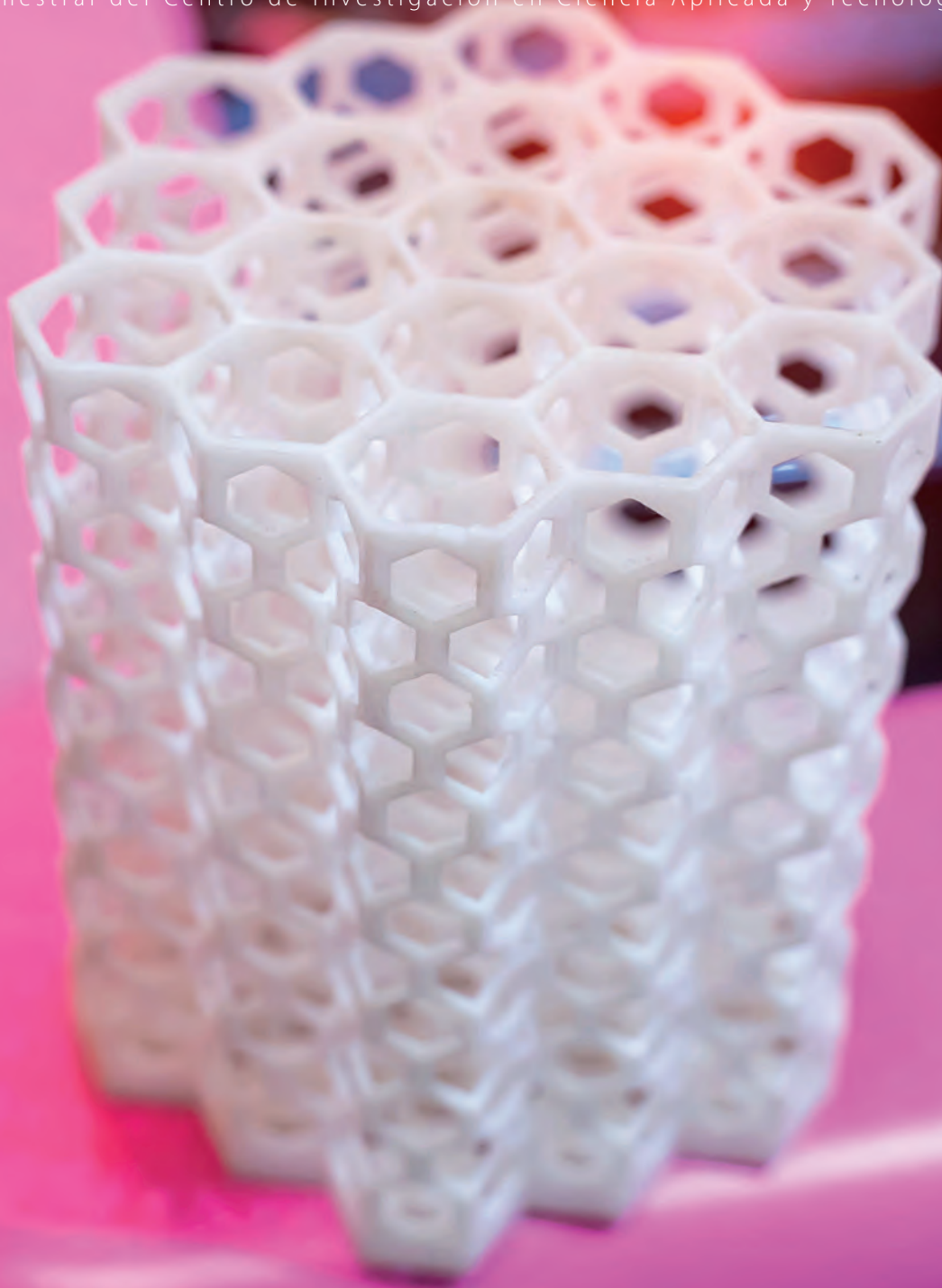


# innovate

Boletín trimestral del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada



**No. 5**

**2da época**

Octubre - Diciembre, 2021



**EL ORIGAMI**  
como herramienta  
para el diseño de  
tecnologías robóticas

**SPIV**  
Una forma más de  
hacer visible el aire

Segunda vida a los  
subproductos agroindustriales:  
**CAÑA DE AZÚCAR**



### **CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA UNIDAD QUERÉTARO**

El Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA-IPN Querétaro), se ubica en la Ciudad de Querétaro en el Estado de Querétaro, México. Perteneció al Instituto Politécnico Nacional, es un centro de investigación científico y tecnológico, concebido para servir de enlace entre la comunidad científica y los sectores productivos de bienes y servicios, para atenderlos y ofrecerles soluciones a sus problemas de desarrollo.

Para el cumplimiento de este objetivo, CICATA-IPN Querétaro desarrolla programas de investigación científica y tecnológica con un enfoque interdisciplinario y, de igual forma, atiende la formación de recursos humanos de alto nivel contribuyendo decisivamente al fortalecimiento de la calidad y la competitividad nacional e internacional del aparato productivo en México.

En relación al trabajo de investigación el CICATA-IPN Querétaro ha realizado una gran cantidad de proyectos vinculados con apoyo económico del IPN, CONACYT y la Industria por lo que se han generado patentes, modelos de utilidad, prototipos y diversos desarrollos en sus 5 diferentes líneas de investigación, como son: Análisis de imágenes, Biotecnología, Mecatrónica, Energías alternativas y Procesamiento de materiales y manufactura, las cuales están ligadas con la actividad económica de la región y del país.

Actualmente, en el CICATA-IPN, Querétaro, se desarrollan los programas de posgrado con Maestría y Doctorado, estos programas se han mantenido en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT, desde su ingreso en el 2007, en la actualidad su status es de Consolidado para ambos programas. Así también, se cuenta con la Especialidad y además con los tres programas en su modalidad con la industria.

Del año 2003 que se tuvo a los dos primeros graduados en nuestro Posgrado en Tecnología Avanzada al mes de diciembre de 2021, se han graduado 337 alumnos los cuales son: 87 de doctorado, 239 de maestría y 11 de especialidad. Nuestra matrícula en el semestre B21 es de 84 alumnos.

## DIRECTORIO

### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Arturo Reyes Sandoval  
Director General

Juan Manuel Cantú Vázquez  
Secretario General

Heberto Antonio Balmori Ramírez  
Secretario de Investigación y Posgrado

Ricardo Monterrubio López  
Secretario de Innovación e Integración Social

### CICATA, QUERÉTARO

Juan Bautista Hurtado Ramos  
Director del CICATA, Qro.

Edith Muñoz Olin  
Subdirectora de Innovación Tecnológica

### INNOVATE

Edith Muñoz Olin  
Alejandra Castillo Martínez  
Adela Eugenia Rodríguez Salazar  
Editoras

Alma Lucero Flores Ramírez  
Diseño editorial y fotografía

Innovate, Año 2021, No. 5, octubre-diciembre 2021, es una publicación trimestral editada por el Instituto Politécnico Nacional a través del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro. Cerro Blanco 141, Col. Colinas del Cimatarío, Querétaro, Qro., México, C.P. 76090. Teléfono: 442 2290804 ext. 81002. <https://cutt.ly/9SyKmf>, Editor responsable: Juan Bautista Hurtado Ramos. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2021-111710235500-102. ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Tecnología Educativa y Campus Virtual del CICATA Unidad Querétaro del IPN, Alejandra Castillo Martínez, Cerro Blanco 141, Col. Colinas del Cimatarío, Querétaro, Qro., México, C.P. 76090, fecha de la última modificación 03 de marzo de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

@cicataqro.ipn 

@cicataqro 

@cicataqro 

Cicata Querétaro 

## EDITORIAL

Muy cerca ya de cerrar este año, toca hacer una revisión a lo sucedido durante los 365 días de 2021, un año en el que las huellas de la pandemia provocada por el SARS-COV-2 siguieron profundizándose, contra todas las tendencias y recomendaciones externas, el rastreo de infectados sigue siendo inexistente en nuestro país, y el ritmo de vacunación sigue dejando mucho que desear. Los grandes centros urbanos parecen acceder con más facilidad a la inmunización, mientras que las ciudades pequeñas y sobre todo los pueblos y zonas rurales, tienen que esperar por meses para recibir esa atención. Dos variantes se manifestaron con fuerza hacia el fin de año, la delta y la ómicron, producto ambas de las deficiencias en la velocidad de la cobertura de vacunación, lo que genera el tiempo necesario para la aparición de mutaciones. Es muy importante estar atentos a la llegada de vacunas y refuerzos, la inmunización, el uso de cubrebocas y el evitar aglomeraciones en sitios cerrados, siguen siendo las armas más importantes para lograr salir de esta época de emergencia. Por lo pronto, parece ser que el 2022 empezará como hemos terminado el 2021, con no muy buenos augurios sobre una finalización de la pandemia, pongamos nuestro granito de arena para que esto suceda lo más pronto posible.

El CICATA Querétaro cierra este año con un buen número de graduaciones, sin embargo, el número de aspirantes a ingresar a nuestro posgrado se redujo sensiblemente, necesitamos seguir trabajando en la promoción y también revisar si es un fenómeno nacional o es uno que solo nos atañe a nosotros ¿Será que estudiar un posgrado está resultando cada vez menos atractivo para los jóvenes? Espero que no, nuestro país ha estado siempre por debajo de la masa crítica recomendable respecto de su cuerpo científico. Hemos tenido que cerrar el año nuevamente con actividades híbridas, todos los cursos teóricos se han impartido en línea y solo los estudiantes con necesidad de hacer uso de los laboratorios de investigación han estado asistiendo a nuestras instalaciones en forma escalonada. Por otro lado, el centro tiene un buen número de proyectos con apoyo externo, tanto del CONACYT como de la SECTEI, todos con el foco puesto en lograr buenos resultados científicos y generar un beneficio social. Nuestro estudiante de doctorado Christian Matilde consiguió el primer lugar en el premio al mejor software del IPN, situación que nos llena de orgullo.

Nuestros colaboradores en la parte administrativa se han mantenido atentos a las necesidades de apoyo del cuerpo de investigadores, así como a mantener los procesos operativos en funcionamiento, sin duda algunos de ellos se han destacado en sus tareas, mientras que otros han tenido problemas en ajustarse al ritmo y las condiciones de trabajo exigidas por la situación de emergencia sanitaria. Este año se retiran por jubilación varios de nuestros compañeros, a ellos les deseamos lo mejor en este nuevo ciclo de vida y les agradecemos todo el esfuerzo, el trabajo, el compromiso y sobre todo la convivencia y los buenos momentos compartidos, lo mejor para ustedes: Alicia Anaya, Sandra Marín, Dora Fonseca, Arturo Álvarez y Salvador Stewart.

Juan B. Hurtado Ramos



## INDICE

<b>1</b>	<b>EL ORIGAMI COMO HERRAMIENTA</b> para el diseño de tecnologías robóticas	6
<b>2</b>	<b>SPIV</b> Una forma más de hacer visible el aire	10
<b>3</b>	Segunda vida a los subproductos agroindustriales: <b>CAÑA DE AZÚCAR</b>	14
<b>4</b>	<b>EGRESADOS,</b> octubre - diciembre 2021	16
<b>5</b>	<b>SEMINARIOS</b> Departamentales	18
<b>6</b>	<b>EVENTOS</b> IPN - CICATA Querétaro	22
<b>7</b>	Programa de <b>POSGRADO</b>	25

La revista INNOVATE es un esfuerzo de la comunidad del CICATA Querétaro para dar a conocer las actividades académicas, los eventos relevantes y algunas opiniones que se gestan al interior de nuestro Centro. Es una revista de divulgación, en la que tratamos de transmitir al gran público lo que sucede al interior de una institución dedicada a la investigación, a la formación de investigadores y a acercar el producto de su trabajo a la sociedad, así como nuestra opinión respecto de las cosas que suceden en nuestro entorno, de los avances científico-tecnológicos donde quiera que se produzcan estos y de los fenómenos naturales que nos afectan y resultan de interés para nuestros conciudadanos.

Este quinto número de la segunda época de la revista es publicado en un momento difícil para nuestra comunidad y nuestro país. Le agradecemos a nuestros investigadores de la comunidad del IPN, alumnos y a todos los que participan directa e indirectamente en esta revista, por su generosidad para enriquecerla. Tenemos el propósito de ofrecer en cada número temas de interés, mejorar su presentación y aumentar su alcance, con la idea de que, en el futuro cercano, sea un medio reconocido de difusión de la ciencia.

# EL ORIGAMI COMO HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS ROBÓTICAS

Dra. Xóchitl Yamilé Sandoval Castro  
CONACYT – CICATA Unidad Querétaro

El "origami" es el arte de doblar papel para crear diversas formas, figuras o estructuras, sin cortar ni pegar. Dichas estructuras parten de un patrón de plegados, el cual es un diagrama que consta de todos o la mayoría de los pliegues del modelo final, representados en una imagen.

Las estructuras plegadas, basadas en los principios del origami, han demostrado ser una herramienta valiosa para desarrollar dispositivos plegables, autoplegables, multifuncionales y ajustables para diversas aplicaciones de ingeniería; por lo que, su uso se ha expandido en diversas áreas de la investigación como la Arquitectura [1], la Ingeniería Espacial [2], e incluso la Ingeniería Médica [3]. Por ejemplo, en la

ingeniería espacial se ha mostrado un especial interés en el desarrollo de estructuras autoplegables usando el concepto del origami, debido a que mejora la eficiencia de empaquetado de estructuras que generalmente son muy grandes. Por otro lado, se han desarrollado materiales altamente flexibles que ofrecen nuevas posibilidades para desarrollar tecnologías robóticas que puedan garantizar una interacción segura con su ambiente además de adaptabilidad mecánica, inspirados en el diseño origami.

Los patrones de plegado natural resultan de la aplicación de fuerzas a los materiales, provocando en ellos cambios dimensionales, y en la Naturaleza se forman de manera natural y surgen espontáneamente [4]. Las plantas y los animales han evolucionado siguiendo patrones de pliegues e incluso el cuerpo humano está compuesto de pliegues.

El plegado es una herramienta poderosa para explorar el diseño de mecanismos adaptables, autoconfigurables y con una alta capacidad de carga. Existen diferentes tipos de patrones de plegado natural, derivados de la

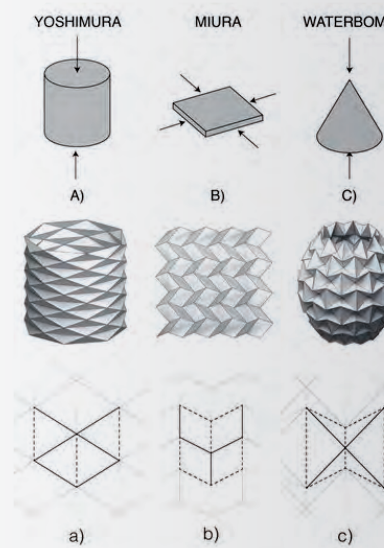


Figura 1. Relación geométrica y patrones de plegado  
a) Yoshimura, b) Miura, c) Waterbomb, d) Cilindro de Kresling

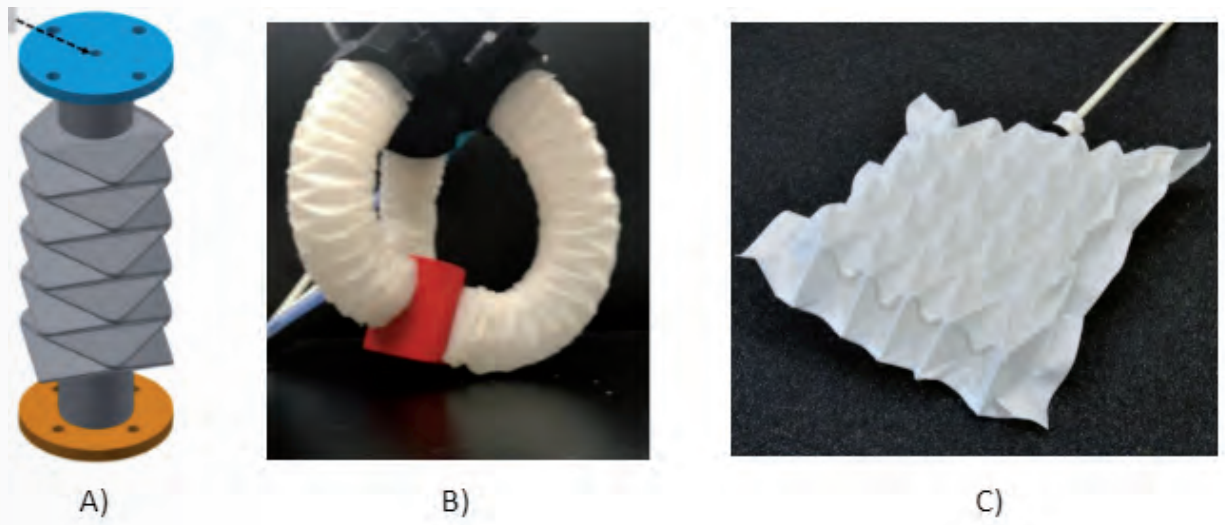
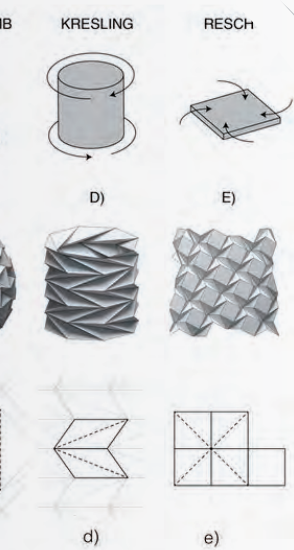


Figura 2. Actuadores inspirados en origami:  
 A) Actuador deformable basado en el patrón de Yoshimura [10],  
 B) Gripper basado en el patrón de Yoshimura [11],  
 C) Músculo artificial basado en el patrón de Miura [12].



relación entre fuerzas  
 pliegue:  
 Bomba de agua,  
 e) Resch [4].

relación geométrica entre las fuerzas sobre la materia [4]; en la Figura 1, se puede observar dicha relación y los patrones resultantes.

A continuación, se mencionan los principales patrones de pliegue derivados de la relación geométrica de fuerzas aplicadas a la materia:

- a) Compresión cilíndrica, Yoshimura [5].
- b) Compresión planar transversal, Miura [6].
- c) Compresión cónica de bomba de agua, Kresling [7].
- d) Compresión-giro-rotación cilíndrica, Kresling [7].
- e) Compresión torsional planar de Resch [8].

Existen diversas estructuras diseñadas a partir de los diferentes patrones de plegado, entre las que se encuentran las estructuras tubulares de origami, las cuales han sido utilizadas para reforzar actuadores de elastómeros [9] (dispositivos mecánicos encargados de transformar energía y proporcionar fuerza para mover algo); también han sido la base para el diseño de actuadores deformables [10-12] (actuadores que

permiten la deformación de sí mismos para generar fuerza que resulte en movimiento). La Figura 2, muestra diferentes diseños de actuadores, tales como: el actuador deformable lineal, accionado neumáticamente [10], el gripper inspirado en el patrón de Yoshimura [11] y un músculo artificial inspirado en el patrón de Miura [12].

En el CICATA-IPN Unidad Querétaro, hemos desarrollado un actuador deformable neumático de múltiples movimientos, inspirado en una variante del patrón de Yoshimura [13]. En la Figura 3, se muestra la movilidad de dicho actuador que se compone de tres torres de origami dispuestas en configuración delta (A), cada una de ellas con una entrada de control independiente. Cuando se activan las tres entradas simultáneamente, se obtiene un movimiento de traslación a lo largo del eje longitudinal (B), cuando se activa cualquiera de las torres de manera independiente (C) o dos de ellas en conjunto (D), se obtienen movimientos de flexión en distintas direcciones.

También se desarrolló en el mismo Centro de Investi-

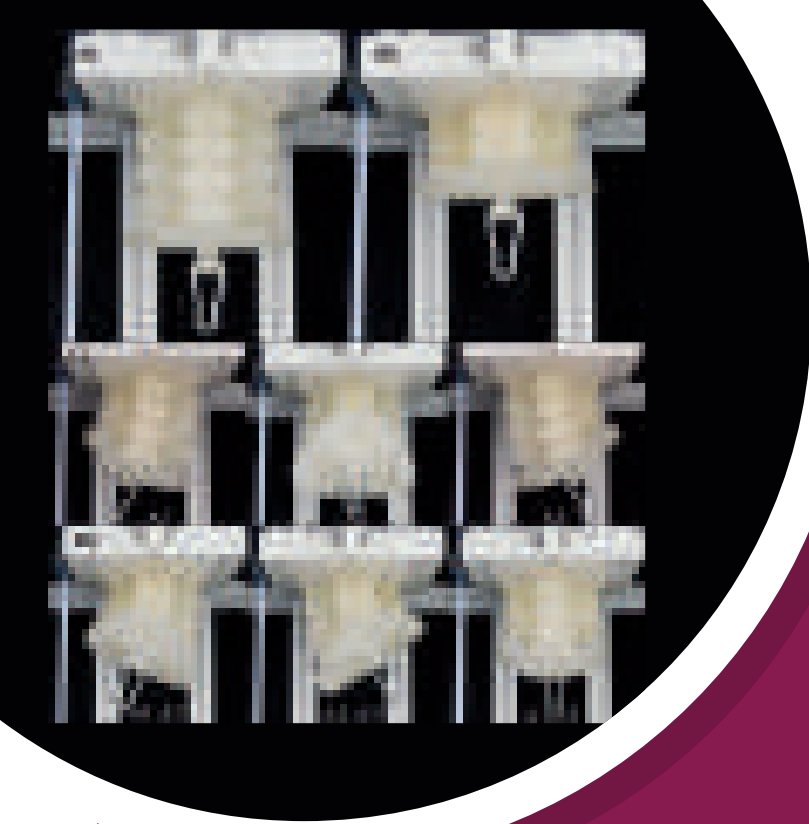


Figura 3. Actuador de múltiples movimientos, inspirado en el patrón de Yoshimura [13].

- A) Actuador en reposo,
- B) Activación simultánea de las 3 entradas,
- C) Activación independiente de una entrada y
- D) Activación conjunta de 2 entradas.

gación, una estructura de refuerzo inspirada en el patrón de Yoshimura para controlar la movilidad de un robot inflable [14]. En la Figura 4 se observa la vista frontal y superior de dicha estructura.

Como podemos observar, el arte del origami se encuentra en el centro de una revolución científica y tecnológica. Los robots de origami redefinen cómo hacemos y usamos robots. La investigación en Robótica inspirada en origami busca desarrollar sistemas que se pliegan de forma controlable desde hojas planas hasta estructuras 3D, para abordar desafíos en el diseño, manufactura, aplicaciones espaciales, médicas, de exploración y manipulación.

La teoría del diseño de origami y la amplia gama de aplicaciones previstas para robots de origami no han sido igualadas por el diseño, modelado y fabricación. Sin embargo, el desarrollo de tecnología permitirá demostrar que cualquier forma se puede plegar desde una hoja plana. Aún existen muchos

desafíos en algoritmos prácticos para generar despliegues controlables. Por ejemplo, los pliegues compuestos son posibles en el origami teórico, pero muy desafiantes para los robots de origami físicos, limitando la reconfigurabilidad de estos sistemas.

#### REFERENCIAS

- [1] Gioia, F., Dureisseix, D., Motro, R., and Maurin, B., "Design and Analysis of a Foldable/Unfoldable Corrugated Architectural Curved Envelop," *Journal of Mechanical Design*, Vol. 134, No. 3, March 2012, Paper 031003.
- [2] Nishiyama, Y., "Miura Folding: Applying Origami to Space Exploration," *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol. 79, No. 2, 2012, pp. 269–279.





Figura 4. Estructura de refuerzo inspirada en origami, para direccionar un robot inflable [14].  
A) Vista frontal, B) Vista superior.

[3] Kuribayashi, K., Tsuchiya, K., You, Z., Tomus, D., Umemoto, M., Ito, T., and Sasaki, M., "Self-Deployable Origami Stent Grafts as a Biomedical Application of Ni-Rich TiNi Shape Memory Alloy Foil," *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 419, Nos. 1–2, March 2006, pp. 131–137.

[4] Gardiner, M. (2018). ORI\* On the Aesthetics of Folding and Technology (Thesis for: Doctor of Philosophy). University of Newcastle, Australia.

[5] Yoshimura, Y., 1951. On the mechanism of buckling of a circular cylindrical shell under axial compression.

[6] Miura, K., 1997. Fold - Its Physical and Mathematical Properties, in: *Origami Science and Art: Proceedings of the Second International Meeting of Origami Science and Scientific Origami*. Seian University of Art and Design, Seian University, Otsu, Shiga, Japan, pp. 41–50.

[7] Kresling, B., 2008. Natural Twist Buckling in Shells: From the Hawkmoth's Bellas to the Deployable Kresling-Pattern and Cylindrical Miuraori, in: *Proceedings of the 6th International Conference on Computation of Shell and Spatial Structures, IASS-IACM 2008*, John F. Abel and J. Robert Cooke, Eds. Cornell-University, Ithaca.

[8] Resch, R.D., 1973. The topological design of sculptural and architectural systems, in: *Proceedings of the June 4-8, 1973, National Computer Conference and Exposition*. ACM, pp. 643–650.

[9] Martinez, R.V., Fish, C.R., Chen, X. and Whitesides, G.M. (2012), *Elastomeric Origami: Programmable Paper-Elastomer Composites as Pneumatic Actuators*. *Adv. Funct. Mater.*, 22: 1376-1384

[10] A. Zaghoul and G. M. Bone, "3D Shrinking for Rapid Fabrication of Origami-Inspired Semi-Soft Pneumatic Actuators," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 191330-191340, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3032131.

[11] Wang, M. (2019). An Origami-Based Soft Actuator and the Application as A Soft Gripper.

[12] Shuguang Li, Daniel M. Vogt, Daniela Rus, Robert J. Wood. Origami artificial muscles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017, 114 (50) 13132-13137.

[13] Sandoval-Castro X. Y., Garcia Morales D. S., Castillo-Castaneda E., and Raatz A. Robust 3D Printed Modular Soft Pneumatic Actuator using Origami Concept for High Contraction Soft Systems in: *Proceedings of the 5th IEEE/FToMM International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots, ReMar 2021*. Fengfeng Xi, Jian S. Dai, Xilun Ding, Volkert van der Wijk, Eds. Ryerson University, Canada.

[14] Carrasco Salazar, K. (2021). Diseño y construcción de un robot deformable con estructura inflable para navegación en espacios confinados. (Tesis de Maestría no publicada). Instituto Politécnico Nacional.

# SPIV

## UNA FORMA MÁS DE HACER VISIBLE EL AIRE

Roberto Alan Yañez Lugo  
Departamento de Análisis de Imágenes del CICATA, Querétaro



Figura 1A. Imagen de modelo automovil de optimización de performance usando la técnica PIV. Meyer O. (2019).

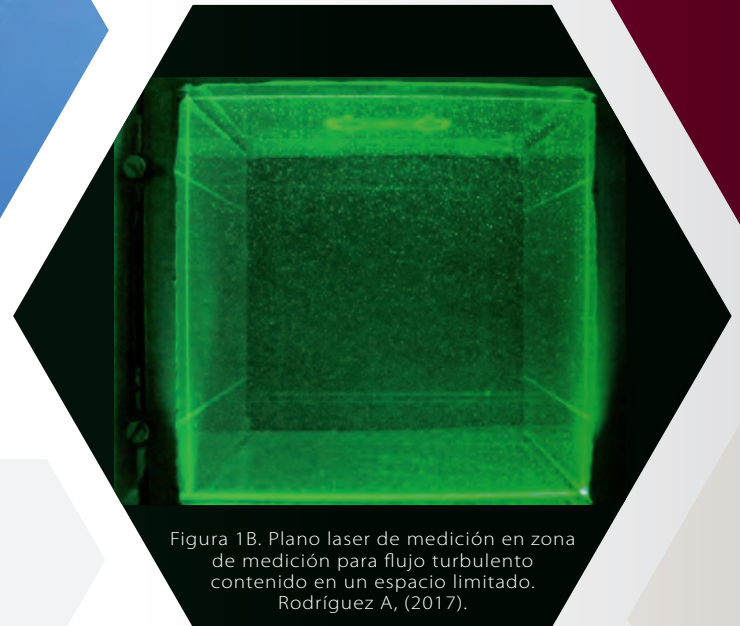


Figura 1B. Plano laser de medición en zona de medición para flujo turbulento contenido en un espacio limitado. Rodríguez A, (2017).



SPIV por sus siglas en inglés Stereoscopic Particle Image Velocimetry, (Estereoscopia de Velocimetría por Imágenes de Partículas) es una técnica que lleva relativamente mucho tiempo en el campo de análisis de flujo, la cual tiene como propósito, poder visualizar el movimiento o comportamiento de las partículas de un fluido (líquidos o gases), y hacer mediciones de velocidad y dirección de estas, a través de la obtención de un campo instantáneo de velocidades de un fluido en un plano.

Actualmente esta técnica, y sus variantes, es utilizada en diversos campos del conocimiento (biomedicina bioquímica, medicina, hidráulica, etc.), así como en diferentes tipos de industria (equipos médicos, equipos de laboratorio, automotriz, aeronáutica, electrodomésticos, ropa deportiva, entre otras), lo cual ha contribuido al desarrollo de nuevos productos

tales como: marcos de bicicleta, textiles deportivos, componentes de aviones, y demás; de igual forma ha permitido conocer el comportamiento de flujos no solo en pequeñas zonas de estudio, sino en zonas de mayor volumen, como en turbinas de aviones y turbinas de generación eléctrica. Lo anterior ha sido posible debido a que la técnica continúa perfeccionándose a medida que surgen tecnologías nuevas. Los casos más notables dentro de toda la gama de aplicaciones posibles podemos mencionar la industria automotriz, aeronáutica, electrodomésticos, como se muestra en la Figura 1A-B.

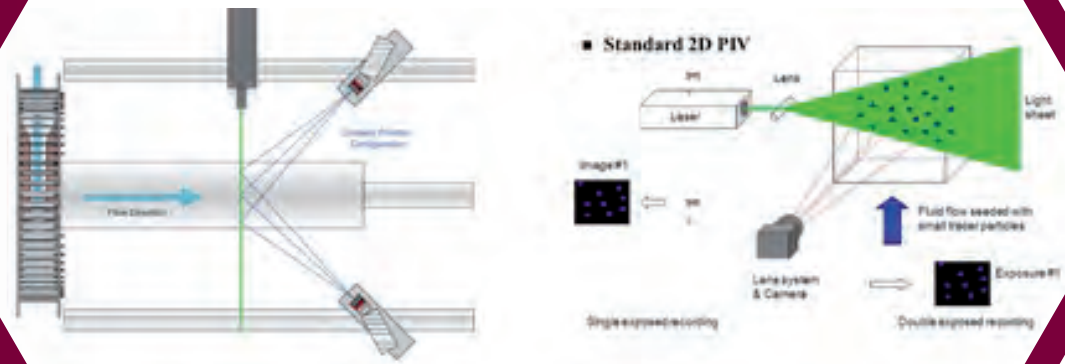


Figura 2 Disposición básica de los elementos de un sistema de PIV (particle image velocimetry) y SPIV (stereoscopic particle image velocimetry). Gui L. (2011).

De manera general, para utilizar la técnica de PIV o SPIV son necesarios los siguientes componentes: cámara de alta velocidad, láser, lente, software para el cálculo de velocidades instantáneas, así como la siembra

de partículas dentro del flujo llamadas "trazadoras", las cuales debido a su tamaño tendrán un comportamiento casi idéntico al fluido que está bajo análisis. Dichas partículas, además de tener una densidad similar al fluido y seguir el movimiento del mismo sin retraso excesivo o de forma exacta, deben reflejar la luz del láser para ser capturadas de forma apropiada por la cámara.

La ubicación y configuración apropiadas de los componentes antes mencionados, en conjunto con el contenedor en el que se encuentra el fluido permitirá el adecuado análisis computacional.

La ubicación de los elementos necesarios en esta técnica se puede observar en la Figura 2

La configuración en esta técnica interactúa como se describe a continuación. El flujo por analizar es forzado a pasar por una zona donde se realizarán las tomas con la cámara de alta velocidad; en la zona de medición se debe procurar que el fluido se mueva en un régimen laminar, es decir que se encuentre estable y tenga el mínimo de turbulencias. En el caso de las

cámaras de alta velocidad es necesario poner especial atención en el nivel de iluminación para que la cámara pueda captar las imágenes del flujo, objeto de análisis, que se mueve a altas velocidades. Cabe mencionar que, la velocidad del obturador puede llegar a ser de 60 000 veces por segundo. Además, para tener iluminación suficiente se usa el láser con un arreglo óptico (lentes), tal combinación producirá un plano de luz (zona iluminada) a través del cual pasará el flujo, y es en esta zona donde serán tomadas las imágenes, un punto que completa el arreglo básico de la técnica de PIV son las partículas trazadoras, estas partículas se pueden percibir como polvo o talco, y pueden ser óxido de aluminio o magnesio, entre otros; las cuales viajan con el flujo cumpliendo la función de mostrar el comportamiento del mismo. La luz del láser reflejada en estas partículas proporcionará el nivel de luz necesario para que la cámara pueda obtener las imágenes de la medición.

Posterior a la obtención de las imágenes, es necesario que éstas sean procesadas computacionalmente. Existen diversas maneras de realizar el procesamiento de las imágenes para llegar a la determinación de la velocidad del flujo.

No obstante, de manera general, el procedimiento consiste en primera instancia en hacer una limpieza de imágenes. Durante esta etapa son eliminados de las imágenes los puntos que solo sean reflejos o aquellas que no estén completas para eliminar el ruido.

Después de depurar las imágenes, el siguiente paso de la técnica PIV es realizar la medición en dos dimen-

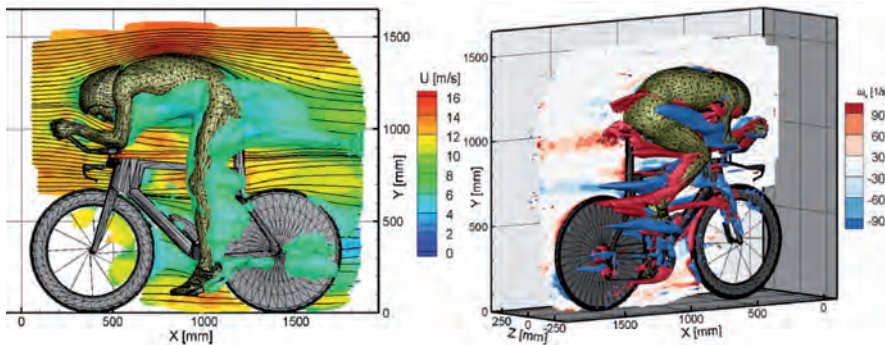


Figura 3. Imágenes de reconstrucción de flujo durante pruebas de flujo empleando la técnica PIV. Jux & Schneiders, (2017).

siones; en esta medición se procesan las imágenes con el principio de frecuencia, es decir, la medida del número de veces que se repite un fenómeno por unidad de tiempo, en la caso de la técnica PIV, las imágenes tomadas en la zona de interés durante un periodo de tiempo finito, de esta forma se puede conocer las características del movimiento del flujo en la zona de medición, por decirlo una manera más sencilla, ya que el procesamiento de las imágenes tomadas durante la medición puede llegar a ser muy complejo. En el caso de que la medición se realice en tres dimensiones, el procesamiento que se realice de las imágenes será de manera diferente, utilizando por lo menos dos cámaras que obtienen imágenes de manera simultánea; en este caso, es necesario que el análisis se realice con correlación cruzada. Derivado de lo anterior, tendremos el análisis del fluido y la información en tres dimensiones.

Por otra parte, el procesamiento de las imágenes también permite saber la profundidad, respecto al plano donde se realiza la captura, de los puntos a los que se dará seguimiento.

En la actualidad, la tecnología disponible en el campo de obtención de datos permite acceso a una gran cantidad información y datos para diferentes fenómenos físicos y pruebas en el desarrollo de productos. La aplicación de esta técnica tiene el potencial de ser una herramienta con un gran alcance por el nivel de precisión y optimización en los procesos en los que se utiliza, como ha sido en la aplicación del desarrollo de casco deportivos, la optimización de trineos para pruebas en los juegos olímpicos invernales, entre otros.

Al ser una técnica no invasiva le da ventaja sobre las técnicas existentes usadas para medición de flujo, esta característica la hace más accesible para que pueda ser aplicada en el desarrollo de productos de consumo masivo como pueden ser lavadoras, hornos, sistemas de aire de automóviles, por citar algunos ejemplos; esta particularidad de la técnica PIV permite obtener mediciones sin agregar perturbaciones en los caso de estudio, además de la cualidad de mejorar la precisión en las mediciones de flujo.

Dadas las características de la técnica PIV es posible conocer el comportamiento del flujo con precisión, la etapa de reconstrucción de la técnica permitirá observar el movimiento del flujo en el espacio donde se realice la medición, de esta forma tenemos en la técnica PIV una forma más de hacer visible el aire que fluye en el espacio donde se realiza la medición, además de ello, se obtienen las demás características del fluido, como son la velocidad, dirección y trayectorias, como se observa en la Figura 4.

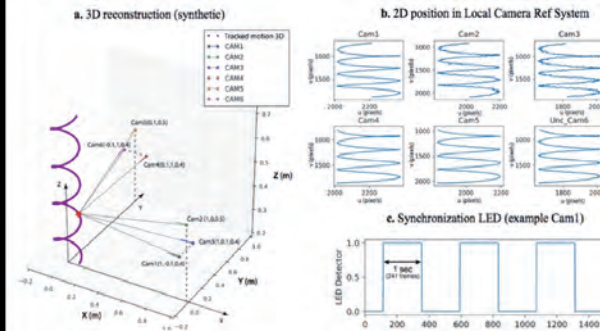
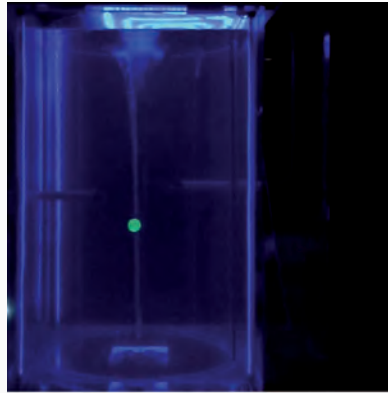


Figura 4. Reconstrucción y medición de flujo en vortex a partir un arreglo topográfico PIV. Batenburg N. (2010)

## REFERENCIAS

- Kuzmin, D., (2017). Introduction to Computational Fluid Dynamics. Institute of Applied Mathematics University of Dortmund Sitio web: <https://www.mathematik.tu-dortmund.de/sites/cfdintro>.
- Alekseenko, S., Dulin, V., (2014). Experimental Investigation of Turbulence Modification in Bubbly Axisymmetric Jets. de National Research Tomsk Polytechnic University Sitio web: <https://tpu.ru/en/-search>
- Ratkovska, K., (2016). Particle Image Velocimetry. University of West Bohemia: » Department of Power System Engineering.
- Meng Y. H., (2005). Four-dimensional dynamic flow measurement by holographic particle image velocimetry, *Optica Publishing group*, 44, 7697-7708.
- Lequan Y., (2017). 3D deeply supervised network for automated segmentation of volumetric medical images. *Medical Image Analysis*, 41, 40-54.
- Ilg, E., Mayer, N., Saikia, T., Keuper, M., Dosovitskiy, A., Brox T., (2016). FlowNet 2.0: Evolution of Optical Flow Estimation with Deep Networks. University of Freiburg Sitio web: <https://arxiv.org/pdf/1612.01925.pdf>
- Meng, H., Pan, G., Woodward, S., (2004). Holographic particle image velocimetry: from film to digital recording. *Measurement Science and Technology*, 15, 673.

Raffel, M., Willert, R., (2014). Particle Image Velocimetry: A Practical Guide. Mexico: Springer.

Zhou, F., Wang, W., (2013). A novel way of understanding for calibrating stereo vision sensor constructed by a single camera and mirrors. *Measurement*, 46, 1041-1362.

Meyer, O., (2019). Láser YAG de doble pulso tipo Solo PIV III. International Symposium on Particle Image Velocimetry Sitio web: [https://www.unibw.de/mb/institute/we4/we42/labor/mt\\_piv](https://www.unibw.de/mb/institute/we4/we42/labor/mt_piv)

Rodríguez, A., Bedolla, M., (2017). Desarrollo de un sistema de inyección de partículas en polvo fino para visualización de flujo en contenedores a altas temperaturas. de Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C. Sitio web: <http://www.mecamex.net/revistas/LMEM/revistas/LMEM-V06-N02-03.pdf>

Gui, L., (2011). Particle Image Velocimetry (PIV) Introduction. University of Mississippi Sitio web: <https://slideplayer.com/slide/7048516/>

Jux, C., Jan Schneiders, J., (2017). Robotic large scale volumetric PIV for full-scale cyclist measurement. Delft University of Technology Sitio web: [file:///C:/Users/Alan/Downloads/10.1007\\_s00348\\_018\\_2524\\_1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Alan/Downloads/10.1007_s00348_018_2524_1%20(1).pdf)

Batenburg, N., (2010). FlowMaster 2 Camera Tomographic PIV, de Delft University of Technology Sitio web: [file:///C:/Users/Alan/Downloads/FL\\_2Camera\\_TOMO-PIV.pdf](file:///C:/Users/Alan/Downloads/FL_2Camera_TOMO-PIV.pdf)

# SEGUNDA VIDA A LOS SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES: **CAÑA DE AZÚCAR**

Ingrid Italia Lima-Becerra<sup>1</sup>; Morales- Sanchez Eduardo<sup>2</sup>; Gaytán-Martínez Marcela<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República (PROPAC), Facultad de Química, UAQ.

<sup>2</sup> IPN. CICATA-IPN Unidad Qro.

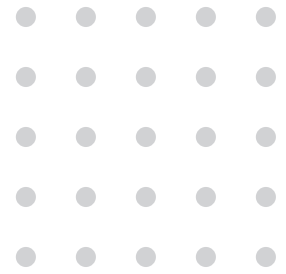
\*Autor responsable: [marcelagaytanm@yahoo.com.mx](mailto:marcelagaytanm@yahoo.com.mx)



Los subproductos agroindustriales se pueden definir como los residuos provenientes del procesamiento de frutas y verduras. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), pueden ser cualquier material inofensivo no destinado al consumo humano, pero potencialmente reutilizable, que se desecha, pierde o biodegrada en cualquier punto de su producción. El procesamiento de alimentos tiende a producir grandes cantidades de subproductos y desechos, llegando hasta los 1,300 millones de toneladas al año, generando un impacto negativo al medio ambiente [1].

Con la finalidad de disminuir las pérdidas económicas generadas por materias primas, energía y costos ambientales, los residuos agroindustriales son usualmente aprovechados como alimento para animales, compostaje o esparcidos en la tierra; sin embargo, aun así, estas medidas no son suficientes para atenuar los efectos negativos que estas mermas producen, por lo que, en los últimos años se han buscado nuevas alternativas para su uso y aprovechamiento [2].

Los subproductos contienen cantidades importantes de proteínas, azúcares y lípidos, además de compuestos fenólicos, que los convierten en una fuente de compuestos antioxidantes naturales, agentes antimicrobianos, vitaminas, etc., que junto con el alto contenido de fibra y compuestos bioactivos, han sido relacionados con efectos benéficos para la salud, tales como la reducción del riesgo a presentar enfermedades crónico no transmisibles, como sobrepeso y/u obesidad, diabetes, hipertensión y algunos tipos de cáncer. Por lo que, en los últimos años en la industria alimentaria, han generado interés, debido a su uso potencial en la formulación de alimentos, los cuales pueden funcionar como vehículos para aprovechar los beneficios relacionados a su composición [1-3].



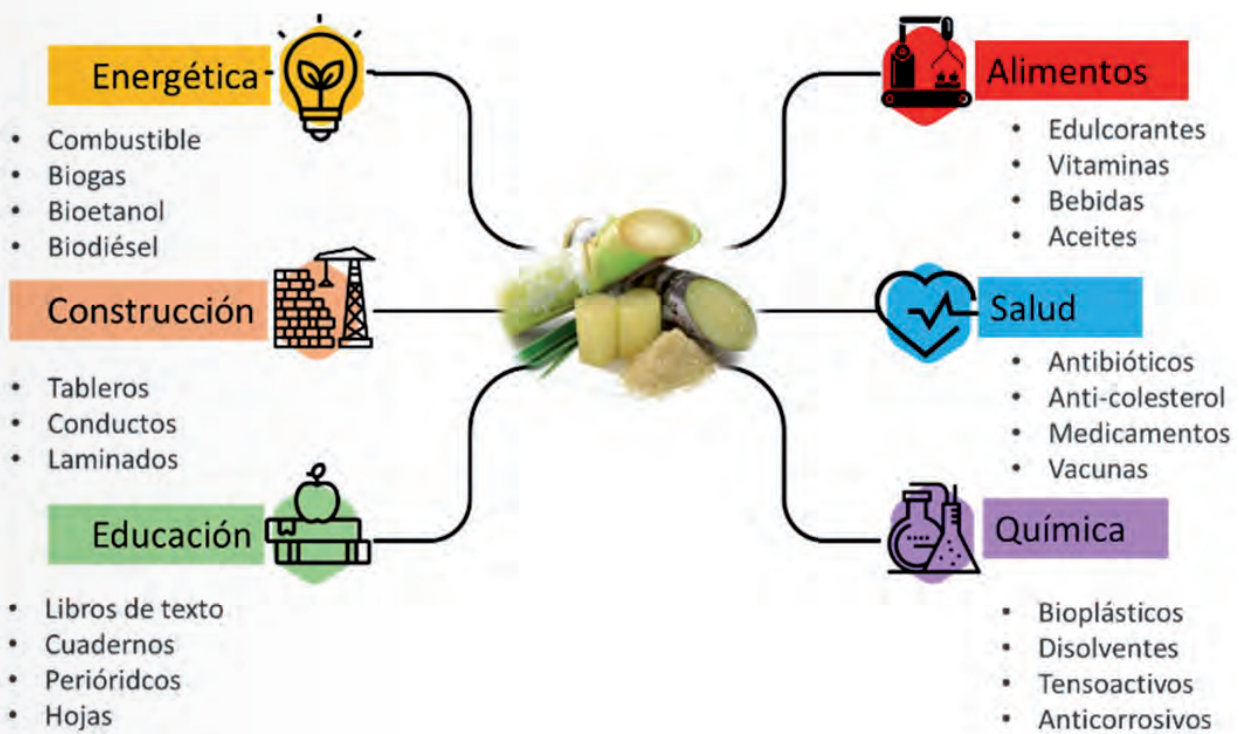
Un ejemplo de estos subproductos es el derivado de la industria azucarera, y que es utilizado como materia prima por más de 25 industrias, debido a que, además de la extracción de sacarosa, los subproductos como bagazo, melaza, los sedimentos después del prensado, etc., son ricos en compuestos de carbono y minerales, les brinda una amplia oportunidad para la extracción, transformación físico-química o la fermentación microbiana, que resulta en productos de valor agregado como materiales de construcción y estructurales, productos farmacéuticos, nuevos alimentos, edulcorantes bajos en calorías, opciones energéticas (como combustible, biodiesel, etanol), medicamentos, pesticidas, entre otros [2].

La Unión Europea actualmente se encuentra trabajando en la reforma del marco legislativo para promover un cambio del modelo lineal de gestión de residuos a uno más sustentable llamado "economía circular", la cual incluye el diseño de productos más sostenibles y la reducción de residuos. En el 2021, se presentaron las propuestas de economía circular en donde se demandan medidas adicionales para avanzar hacia una economía neutra en carbono, sostenible, libre de tóxicos y completamente circular en 2050 [4]. Por lo anterior, es de suma importancia generar políticas públicas en nuestro país, los cuales incluyan a los

diversos autores y la iniciativa privada, con el fin de generar alternativas para dar una segunda vida a los subproductos, que puede extenderse a miles de otros desechos agroindustriales, permitiendo así la disminución del impacto ambiental que estos pueden generar.

#### REFERENCIAS

1. Wall-Medrano, A., Olivas-Aguirre, F. J., Ayala-Zavala, J. F., Domínguez-Avila, J. A., González-Aguilar, G. A., Herrera-Cazares, L. A., & Gaytán-Martínez, M. (2020). Health Benefits of Mango By-products. *Food Wastes and By-products: Nutraceutical and Health Potential*, 159-191.
2. Solomon, S. (2011). Sugarcane by-products based industries in India. *Sugar Tech*, 13(4), 408-416.
3. Selvamuthukumar, M., & Shi, J. (2017). Recent advances in extraction of antioxidants from plant by-products processing industries. *Food Quality and Safety*, 1(1), 61-81.
4. Europeo, P. (2015). Economía circular: definición, importancia y beneficios.



# EGRESADOS

OCTUBRE - DICIEMBRE 2021

---

---





# MAESTRIA

- 08/10/2021 ● MARIO RAMOS MONTES  
"Diseño y construcción de una mano robótica humanoide multiarticulada"  
Directores: Dr. Eduardo Morales Sánchez y Dr. Domingo Rangel Miranda
- 05/11/2021 ● KEVIN CARRASCO SALAZAR  
"Diseño y construcción de robot deformable con estructura inflable para navegación en espacios confinados"  
Directores: Dr. Eduardo Castillo Castañeda y Dra. Xóchitl Yamile Sandoval Castro

# PREDOCTORAL

- 05/10/2021 ● JHON FREDDY RODRÍGUEZ LEÓN  
"Estudio de las fuerzas de interacción para el control de un sistema cable-resorte multiarticulado durante la rehabilitación del brazo"  
Director: Dr. Eduardo Castillo Castañeda
- 26/10/2021 ● ERNESTO CHRISTIAN OROZCO MAGDALENO  
"Study of a hybrid adhesion system for vertical locomotion of a service robot to develop high-pressure cleaning tasks"  
Directores: Dr. Eduardo Castillo Castañeda y Dr. Giuseppe Carbone

# DOCTORADO

- 04/10/2021 ● CARLOS SANDOVAL RÍOS  
"Estudio de la mojabilidad del litio líquido estático sobre acero inoxidable"  
Director: Dr. Martín de Jesús Nieto Pérez
- 27/10/2021 ● CHRISTIAN EDLER GÓMEZ SAMANIEGO FRUTOS  
"Modelado computacional y caracterización de cañón de plasma pulsado para interacción plasma-pared"  
Directores: Dr. Gonzalo Alonso Ramos López y Dr. Martín de Jesús Nieto Pérez
- 06/12/2021 ● BARUC RAFAEL ROSAS FLORES  
"Sistema de detección de obstáculos basado en radiación IR modulada esparcida"  
Director: Dr. Antonio Hernández Zavala



# SEMINARIOS DEPARTAMENTALES

Los Centros de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), tienen como elemento fundamental apoyar la descentralización de la investigación científica y tecnológica, así como la docencia a nivel posgrado, del Instituto Politécnico Nacional. También, la extensión y la difusión constituyen elementos básicos de estos centros. El CICATA - Querétaro contribuye con ese propósito por medio del Seminario General de nuestra Unidad Académica.

Actualmente, el CICATA está integrado por 34 profesores-investigadores, agrupados en cinco líneas de investigación: Análisis de Imágenes, Biotecnología, Energías Alternativas, Mecatrónica, Procesamiento de Materiales y Manufactura. Este agrupamiento, no quiere decir que se limite sólo a esas líneas de investigación, pues los investigadores participan en otras áreas del quehacer científico, como: Sustentabilidad, Inteligencia Artificial, Aprendizaje Profundo, Innovación Automotriz y Telecomunicaciones, entre otras. La diversidad de los proyectos y líneas de investigación fortalecen grandemente a la comunidad pudiendo interactuar y conocer otras áreas en las que se pueda incidir y/o complementar el conocimiento científico. De hecho, las grandes ideas de investigación trascienden el alcance de una sola disciplina, impulsando y acelerando el descubrimiento científico. Así, un investigador o investigadora, de un área del conocimiento, pudiere sugerir cambios significativos de un proceso o producto a otro investigador mejorando los resultados de su investigación, conocido a este hecho como innovación.

En el seminario general, del semestre 2021B, se planteó que existiera una mayor participación de los investigadores privilegiando la diversidad de sus áreas de investigación y no sólo a la línea a la que pertenece. El resultado inicial fueron temas de interés general como el Cambio climático, después hubo una activa participación sobre la innovación y emprendimiento tecnológico, vista desde varias áreas de investigación. Posteriormente, y de manera gradual, las conferencias se fueron enfocando en temas más especializados, pero con un lenguaje adecuado para que los asistentes, de todas las áreas de investigación, pudieran comprender y participar.

Se agradece a las y los participantes por su valiosa contribución para cumplir con el propósito siempre presente: "La técnica al servicio de la Patria".

Dr. Julio Cesar Sosa Savedra  
Coordinador del Seminario Departamental



### **“Bioseguridad en los laboratorios”**

M. en C. Sergio Arturo Tenorio Sánchez,  
Docente en la Escuela Nacional de Ciencias  
Biológicas del IPN.  
5 de octubre

En esta plática se habla de los procedimientos y del conocimiento de manejo de equipo que resguarden la seguridad de las personas dentro de los laboratorios donde se estudian microorganismos.

### **“Resistencia a los antibióticos, perspectiva desde una salud”**

Dra. Regina Hernández Gama,  
Profesora investigadora del IPN - CICATA Qro.  
12 de octubre

La Dr. Regina nos habla de cómo la resistencia a antimicrobianos es un grave problema que debe ser analizado desde la perspectiva ética pues se origina en las acciones y omisiones humanas, pero impacta a una sola salud. Se comentan las causas y consecuencias, así como algunas posibles soluciones.



### **“Relación del desarrollo social con la evolución de la educación y la investigación tecnológica”**

Dr. Jorge Adalberto Huerta Ruelas,  
Maestro Decano del IPN - CICATA Querétaro.  
19 de octubre

La educación que una sociedad provee a sus integrantes depende de factores muy diversos: políticos, culturales, religiosos, económicos y hasta climáticos. El uso de las tecnologías de la información y la comunicación han generado cambios en los métodos de enseñanza e investigación que pueden ayudar a disminuir la brecha entre los sistemas educativos mundiales.





### **“Detrás de las imágenes”**

Dr. Juan Bautista Hurtado Ramos,  
Director del IPN - CICATA Querétaro.  
26 de octubre

Conferencia en la que se presentan los principios básicos a través de los cuales, es posible crear la imagen de un objeto del mundo real. Guardarla en una serie de dispositivos electrónicos y luego manipularla a través del uso de software, ya sea para modificarla, para extraer información de ella, para rastrear movimientos del objeto que la produjo, para reconocer el objeto y para muchos otros fines, principalmente de metrología.

### **“Helicobacter pylori: ¿Patógeno o miembro del microbiota?”**

Dra. Norma Velázquez Guadarrama,  
Investigador en Ciencias Médicas  
9 de noviembre

La Dra. Norma nos platica del H. pylori como miembro del microbiota humana y de algunas de sus funciones de gran relevancia para el ser humano, así mismo, del análisis de alteraciones metabólicas en su ausencia.



### **“Diseccionando a las redes neuronales artificiales: Arquitecturas, métodos de entrenamiento y aplicaciones”**

Dr. Herón Molina Lozano, Profesor-investigador del Centro de Investigación en Computación del IPN. 16 de noviembre

En esta plática el Dr. Herón nos habla de los diferentes tipos de redes neuronales que existen, sus métodos de entrenamiento, sus aplicaciones orientadas al reconocimiento de patrones, el procesamiento de señales, el control automático y modelado de sistemas. Finalmente, nos dice en qué productos son aprovechadas las redes neuronales tanto por parte de las empresas, así como por parte de nuestra sociedad.





### **“Optimización tribológica de Biolubricantes mediante Nanoestructuras de carbono”**

Dr. Andrey Fabio Pérez de Brito,  
Investigador.  
23 de noviembre

El Dr. Andrey nos habla del por qué las nanoestructuras de carbono no purificadas que contienen nanopartículas como Fe, Ni y Co constituyen una opción simple para mejorar las propiedades tribológicas de los biolubricantes, obtener coeficientes de fricción deseados y disminuir costos de producción.

### **“Comentarios a la Reforma Eléctrica 2021”**

Dr. Héctor Francisco Ruiz Paredes,  
Profesor Investigador del ITM.  
7 de diciembre

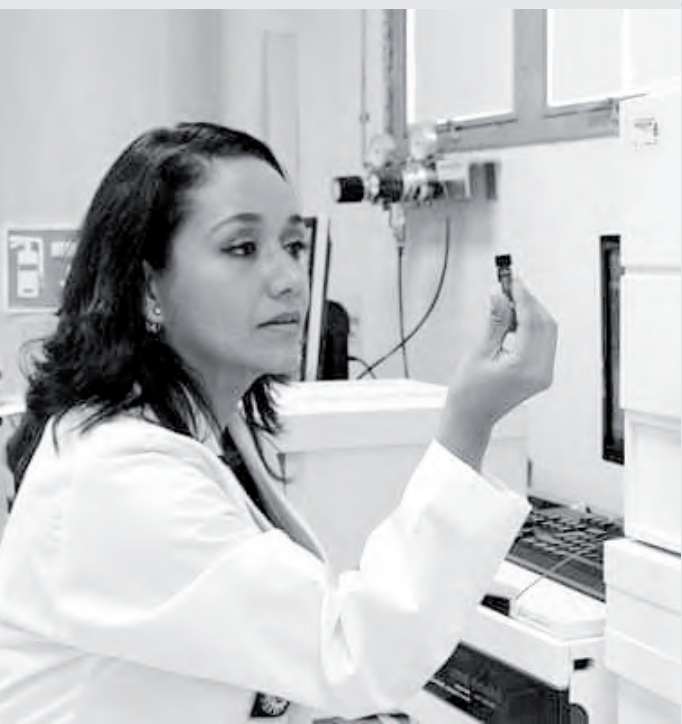
Conferencia en la que se comenta acerca de la historia de la CFE y qué condiciones llevaron a las diferentes reformas al sector eléctrico. Se hace énfasis en la propuesta del gobierno actual y se comentan los diferentes aspectos de esta. Se analiza el modelo actual del mercado eléctrico y las participaciones pública y privada.



### **“Validación del añejamiento del tequila por medio de la resolución enantiomérica de compuestos quirales con cromatografía multidimensional”**

MTA. Miriam G. Rodríguez Olvera, Encargada del Laboratorio de Química de Sabores y Fragancias IPN - CICATA Qro. 14 de diciembre

La composición química del tequila es bastante compleja y posee una combinación específica de aroma y sabor que lo distingue de otras bebidas destiladas y es responsable de su alta demanda a nivel mundial. En esta conferencia se habla del estudio donde se analizaron compuestos volátiles quirales en tequila blanco, reposado, añejo y extra añejo como biomarcadores con el fin de generar una huella digital para cada etapa del proceso de maduración.



# EVENTOS

## IPN - CICATA QUERÉTARO

### Elección de Estudiante consejero del IPN-CICATA Querétaro

1 octubre 2021

Se llevó a cabo la elección del alumno consejero para el ciclo 2021-2022 en una reunión a través de plataforma Zoom a la que la estudiante consejera saliente, la MTA Karen Lizbeth Flores convocó a todos los estudiantes de posgrado del centro, como resultado de la convocatoria y posterior elección, fue designada por mayoría de votos la estudiante de doctorado, Blanca Estela Álvarez Pérez. La posición de Estudiante Consejero es muy relevante para nuestro centro, representa la voz de todos los estudiantes del CICATA Qro. Ante el Consejo General Consultivo del IPN, que a su vez es el máximo órgano de toma de decisiones en nuestro instituto. Es importante que los estudiantes de CICATA Qro. Tengan presente este mecanismo para hacer llegar sus solicitudes y observaciones al cuerpo directivo del poli, así como para participar activamente en la evolución del IPN.



### Proceso de elección del estudiante consejero para el ciclo escolar 2021-2022

¡Acompañanos en la reunión virtual!



CURSO

### "Análisis del tamaño y estabilidad coloidal de partículas en formulaciones industriales: importancia y aplicaciones"

11,12 y 13 de octubre del 2021

Con gran éxito, se impartió en las instalaciones del IPN-CICATA Querétaro el curso "Análisis del tamaño y estabilidad coloidal de partículas en formulaciones industriales: importancia y aplicaciones." A cargo de la M. en C. Rosario Espinoza Meléndez, experta de la empresa Anton Para México S.A. de C.V. y el Dr. Héctor Paul Reyes - Profesor de la UAQ. Un grupo de estudiantes tanto del IPN como de la UAQ tuvieron acceso a un muy avanzado equipo de medición de tamaño de partícula y potencial Z, que los puso en contacto con el estado del arte de esta tecnología. El CICATA Qro. mantiene su intención de seguir promoviendo este tipo de actividades, esperamos contar cada vez con un mayor número de participantes.

## Firma de Convenio General entre la UTVAM y el IPN a través del CICATA Qro.

13 de octubre del 2021



En una reunión a través de la plataforma Zoom, en donde se contó con la presencia de:

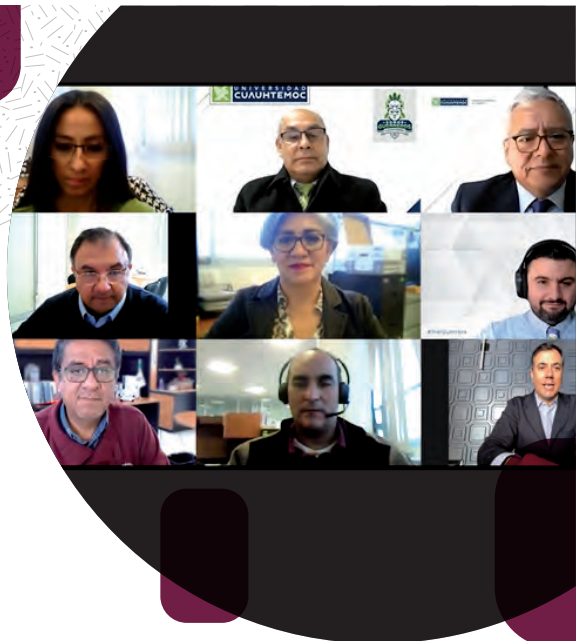
- Mtro. José Cortés Skewes, Rector de la UTVAM.
- Lic. Sergio Rivera Chapa, Subdirector Jurídico, UTVAM.
- Mtro. Germán Téllez Palma, Director Académico, UTVAM.
- Mtra. Jaqueline Cruz Cortés, Jefa de Departamento de Educación Continua, UTVAM.
- Dra. Andrea M. Rivas Castillo, Jefa de Departamento de Proyectos Académicos, UTVAM.
- Dr. Juan Bautista Hurtado Ramos, Director del CICATA Qro.
- Dra. Marlenne Gómez Ramírez, Subdirectora Académica, CICATA Qro.
- Dr. Juan José Rodríguez Peña, Subdirector de Innovación Tecnológica, CICATA Qro.

Mtra. Edith Muñoz Olin, Jefa de la Unidad Politécnica de Integración Social, CICATA Querétaro, se firmó el convenio general de colaboración entre el IPN y la UTVAM con la finalidad de continuar coadyuvando en trabajos de investigación, intercambio académico y, sobre todo, el aprovechamiento eficiente de las capacidades e infraestructura instalada global en beneficio de ambos centros educativos.

## Firma del convenio de colaboración entre la Universidad Cuauhtémoc Qro. y el IPN - CICATA Querétaro

25 de noviembre del 2021

Se realiza firma del convenio de colaboración entre la Universidad Cuauhtémoc Querétaro y el IPN-CICATA Querétaro en presencia del Lic. Santiago Cardoso Casado, Rector y Apoderado Legal de la Universidad Cuauhtémoc, Plantel Querétaro y el Dr. Juan Bautista Hurtado Ramos, Director del IPN-CICATA Querétaro. Este convenio facilita la llegada de estudiantes de la Universidad Cuauhtémoc al IPN en las modalidades de prácticas profesionales, servicio social y estudiantes tesistas. Facilita el acceso al personal del IPN, principalmente del CICATA Qro. a la realización de las más diversas actividades académicas que contribuirán al mejor desarrollo científico y profesional de docentes y estudiantes de ambas instituciones.



## IPN realiza premiación del concurso Premio al Mejor Software 2021

26 de noviembre del 2021

Christian Alberto Matilde Domínguez, estudiante de Doctorado del IPN-CICATA Querétaro recibe reconocimiento al ser uno de los ganadores del concurso Premio al Mejor Software 2021, en la distinción: Primer lugar en la categoría de alumno de posgrado.

Nombre del software: Controlador para preservar el balance durante la locomoción bípeda de una variante del robot humanoide bioloid premium type-A.

Autor: Christian Alberto Matilde Domínguez.  
Asesores: Dr. Eduardo Morales Sánchez y Dr. Gerardo Israel Pérez Soto.

Con este reconocimiento, el CICATA Qro. Incrementa su presencia al interior del Instituto y acrecienta su impacto y relevancia en la búsqueda de transformarse en un centro reconocido por sus aportaciones a nuestra sociedad.



## Jornada de vacunación contra la Influenza 2021 en el IPN-CICATA Querétaro

2 de diciembre del 2021

Personal del ISSSTE Querétaro acudió a las instalaciones del IPN-CICATA Querétaro para vacunar a la comunidad docente, administrativa y estudiantil contra la influenza. La jornada contó con gran afluencia siguiendo siempre las medidas higiénicas pertinentes.

Agradecemos profundamente al personal del ISSSTE Querétaro que siempre muestra una gran disposición para con nosotros, facilitándonos el acceso a la inmunización anual contra esta enfermedad.



# CICATA QUERÉTARO

Te invitamos a conocer nuestros programas de:

- ESPECIALIDAD
- MAESTRÍA
- DOCTORADO

Consulta nuestros programas [aquí](#).

## LINEAS DE INVESTIGACIÓN

- Análisis de imágenes
- Biotecnología
- Energías alternativas
- Mecatrónica
- Procesamiento de materiales y manufactura

## SOLICITUD DE DONATIVO

Los aspirantes a ingresar al programa académico deberán cubrir el monto correspondiente al proceso de admisión.

Los aspirantes admitidos deberán formalizar su inscripción al programa sin pago obligatorio alguno, pero con la posibilidad de realizar la aportación voluntaria como donativo por apertura de expediente a la cuenta que les sea indicada por la unidad académica correspondiente. Las cuentas de captación de donativos deberán corresponder a las instancias del Instituto Politécnico Nacional facultadas para el efecto

## BECAS

Los alumnos aceptados podrán ser postulados a una Beca CONACyT en caso de cumplir con los requisitos establecidos por este organismo. Además, podrán aspirar a una Beca Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) del IPN.

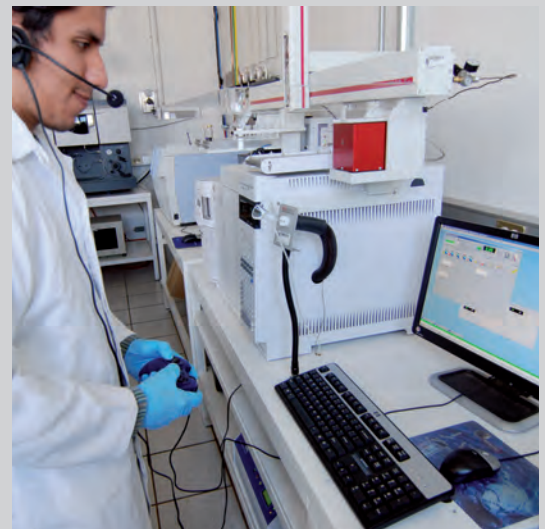
Los interesados podrán consultar la página [www.cicataqro.ipn.mx](http://www.cicataqro.ipn.mx), escribir a [posgradoqro@ipn.mx](mailto:posgradoqro@ipn.mx) o solicitar informes con la Lic. Araceli Guadalupe Vargas Fuentes a los teléfonos +52 (55) 5729-6000 y +52 (55) 5729-6300 extensiones 81016 o 81050 del Departamento de Posgrado. El CICATA-IPN Unidad Querétaro se encuentra en Cerro Blanco 141, Col. Colinas del Cimatarío, Querétaro, Qro. C.P. 76090.

\*Registro en la Dirección General de Profesiones de la SEP:

Maestría: 311576, 15-mayo-2000  
CONVOCATORIA APROBADA POR COLEGIO DE PROFESORES CICATA QRO.

Cualquier situación originada durante el proceso de admisión y no contemplada en la presente convocatoria, se resolverá con pleno apego al Reglamento de Estudios de Posgrado por la autoridad competente según el caso.

Consulta en:  
[www.posgrado.ipn.mx/Paginas/Normatividad.aspx](http://www.posgrado.ipn.mx/Paginas/Normatividad.aspx)





**innovate**