



# *Enpodishango Na-tha-hi:*

Divulgación científica en la región Laja-Bajío

**VOLUMEN 1 ♦ NÚMERO 1 ♦ Julio 2024**

**ISSN: (En trámite)**



*Revista electrónica de libre acceso y sin costo por publicación*



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CELAYA**

## DIRECTORIO

Ernesto Lugo Ledesma  
*Director*

Gilberto González Gómez  
*Subdirector Académico*

Martha Estrada Sánchez  
*Subdirectora de Planeación y Vinculación*

Teodoro Villalobos Salinas  
*Subdirector de Servicios Administrativos*

## COMITÉ EDITORIAL

Mauro Santoyo Mora  
*Editor Jefe*

Juan José Martínez Nolasco  
*Coordinador Editorial*

Juan Manuel Barrera Fernández  
*Secretario Técnico*



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®



*Enpodishango Na-Tha-Hi: Divulgación científica en la región Laja-Bajío*, Año 2, No. 2, es una publicación semestral publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México (Avenida Universidad 1200, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, Ciudad de México, teléfono 5536002511 ext. 65092, correo d\_vinculacion05@tecnm.mx) a través del Instituto Tecnológico de Celaya (Avenida Antonio García Cubas esq. Av. Tecnológico No. 600 Pte., Col. Alfredo Vázquez Bonfil, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, teléfono 4616117575 ext. 5171, correo mauro.santoyo@itcelaya.edu.mx). Editor responsable: Mauro Santoyo Mora. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-121916371200-102, ISSN: (en trámite), ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Departamento de Mecatrónica, Mauro Santoyo Mora, en el Instituto Tecnológico de Celaya (Avenida Antonio García Cubas esq. Av. Tecnológico No. 600 Pte., Col. Alfredo Vázquez Bonfil, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, teléfono 4616117575 ext. 5171, correo mauro.santoyo@itcelaya.edu.mx).

Queda prohibida la reproducción total o parcial en cualquier medio del contenido de la presente revista electrónica sin contar con la autorización del Instituto Tecnológico de Celaya.



## **Comité Editorial**

*Editor Jefe*

Mauro Santoyo Mora

*Coordinador Editorial*

Juan José Martínez Nolasco

*Secretario Técnico*

Juan Manuel Barrera Fernández

*Miembros del Comité Editorial*

México

Dr. Mauro Santoyo Mora, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

Dr. Juan José Martínez Nolasco, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

Dra. Coral Martínez Nolasco, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

Dr. José Alfredo Padilla Medina, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

Dr. Micael Gerardo Bravo Sánchez, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

M. C. José Guadalupe Zavala Villalpando, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

M. C. Víctor Manuel Sámano Ortega, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

Mtra. Esperanza Peña Morales, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

M. C. Juan Pablo Aguilera Álvarez, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

Dr. Alonso Alejandro Jiménez Garibay, *Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México*

Dra. Sonia Guadalupe Sayago Ayerdi, *Tecnológico Nacional de México / IT de Tepic, México*

Dr. Sergio Sandoval Pérez, *Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México*

Dr. Agustín Vidal Lesso, *Universidad de Guanajuato, México*

Dr. Carlos Villaseñor Mora, *Universidad de Guanajuato, México*

Mtro. Hugo Antonio Méndez Guzmán, *Universidad Politécnica Bicentenario, México*

Dra. Araceli Zapatero Gutiérrez, *Universidad Anáhuac, México*

Dra. Virginia Campos Sanabria, *Universidad de Celaya, México*

Mtra. Rosalinda Cerda Sánchez, *Universidad de Celaya, México*

Dr. Julio Alberto García Rodríguez, *Universidad de Guanajuato, México*

Dra. Georgina del Carmen Mota Valtierra, *Universidad Autónoma de Querétaro, México*

Mtro. Juan Manuel Barrera Fernández, *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, México*

Dr. Julio César Solano Vargas, *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, México*

Mtra. Sandra Bermúdez Ramírez, *Centro de Estudios Tecnológico Industrial y de Servicios No. 115, México*

Mtra. Selene Ramírez Rosales, *Universidad Autónoma de Querétaro, México*

Dr. Cristian Hamilton Sánchez Saquin, *Universidad Tecnológica de Querétaro, México*

Mtro. Luis Antonio Díaz Jiménez, *Universidad Autónoma de Querétaro, México*

Dr. Hugo Jiménez Hernández

Dr. Edrei Reyes Santos, *Tecnológico de Monterrey, México*

Mtro. Jorge Luis Pérez Ramos, *Universidad Autónoma de Querétaro, México*

Dra. Ana Marcela Herrera Navarro, *Universidad Autónoma de Querétaro, México*

Mtro. José Felipe Arzate Rivas, *Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México*

Dr. Cuauhtémoc Sandoval Sánchez, *Universidad de Guanajuato, México*

Dr. José Alfredo Manzo Preciado, *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, México*

Dr. Leonardo Aurelio Baldenegro Pérez, *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, México*

Dr. Alejandro Gómez Hernández, *Universidad Tecnológica de Querétaro, México*

Dr. Enrique Martínez Franco, *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, México*

Dr. Tomás Salgado Jiménez, *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, México*

Dra. Luz María Cardona Torres, *Instituto Mexicano del Seguro Social / Hospital General Zona 4, México*

Dr. Jorge Aurelio Brizuela Mendoza, *Universidad de Guadalajara, México*

Dr. Leonardo Barriga Rodríguez, *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, México*

Dr. Carlos González Figueredo, *ITESO, México*

Dr. Fernando Israel Gómez Castro, *Universidad de Guanajuato, México*

Mayra M Bañuelos, *Brown University, Estados Unidos*

M. C. Kevin Miramontes Escobedo, *Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, México*

M. C. Angélica Gudiño Pereida, *Universidad Politécnica de Querétaro, México*

Mtra. Claudia Figueroa Padilla, *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México*

## Tabla de contenido

Carta del Comité Editorial.....	7
Reconstruyendo la realidad con la realidad aumentada .....	9
Salud 4.0 y la Ingeniería Mecatrónica.....	15
Reconocimiento de rostros humanos utilizando imágenes que muestran cambios de temperatura.....	20
El Bigdata y la Mecatrónica en la Industria 4.0 .....	24
Monitoreo del crecimiento de cultivos Aeropónicos mediante imágenes.....	30

## Carta del Comité Editorial

La revista de divulgación *Enpodishango Na-Tha-Hi: Divulgación Científica en la Región Laja-Bajío* surge como una iniciativa de la comunidad científica, no sólo de la ciudad de Celaya si no de sus alrededores, para acercar a la sociedad al conocimiento de las ciencias básicas y las tendencias tecnológicas que nos impactan día con día. Pero ¿de dónde surge el título de *Enpodishango Na-Tha-Hi*? Parte de la inspiración de este título nace del origen de la ciudad que alberga a nuestro Instituto, el Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Celaya, pues esta ciudad fue fundada sobre un pueblo indígena llamado “Nat-Tha-Hi” que en otomí significa *debajo del mezquite o a la sombra del mezquite*. A esto sumemos, que tradicionalmente y de generación en generación, el conocimiento siempre es compartido por las personas más sabias a sus descendientes, como en el caso de los padres a los hijos, o incluso de los abuelos a los nietos. Por ende, y bajo el contexto del origen otomí de la ciudad de Celaya, se toma la palabra de “Enpodishango” para referirnos a aquellos sabios y eruditos que bien nos podrían narrar una historia llena de aprendizajes debajo de la sombra de un mezquite: *Enpodishango Na-Tha-Hi*.

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Celaya por permitirnos ser la sede de este movimiento de la comunidad científica en pro de las vocaciones en las ciencia, tecnología y matemáticas para las nuevas generaciones de nuestra ciudad y sus alrededores. Hoy soñamos con alcanzar un impacto positivo en nuestra sociedad a través de un medio que le permita inculcarse en el conocimiento desde edades muy tempranas y que les permita creer que el crecimiento profesional está al alcance de todos. Esperamos poder estar siempre en las manos de aquellas personas que buscan aprender un poco o mucho sobre ciencia y tecnología, agradeciendo de antemano su consideración al darnos la oportunidad de ser ese medio de acceso al conocimiento. Finalmente, felicitamos y agradecemos a todos los integrantes de nuestro Comité Editorial por lograr este

primer número, el cual esperamos nos catapulte a seguir creando más y más números que expongan grandes ideas.

## **Atentamente**

Comité Editorial

Enpodishango Na-Tha-Hi: Divulgación Científica en la Región Laja-Bajío



## Reconstruyendo la realidad con la realidad aumentada

**Mauro Santoyo Mora \***

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

**Juan José Martínez Nolasco**

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

**Coral Martínez Nolasco**

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

**José Guadalupe Zavala Villalpando**

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

\* Autor de correspondencia: [mauro.santoyo@itcelaya.edu.mx](mailto:mauro.santoyo@itcelaya.edu.mx)

---

**Resumen:** *El lector podrá encontrar una breve introducción de cómo la mecatrónica puede contribuir en el desarrollo de ambientes virtuales, tales como la realidad aumentada, virtual y mixta. Esta contribución no sólo comprende el uso de herramientas matemáticas para representar a la física desde una perspectiva virtual, sino hasta el desarrollo de elementos tecnológicos que permitan a los usuarios tener un mayor grado de interacción con los elementos virtuales creados con ayuda de la computación.*

**Palabras clave:** *mecatrónica, realidad aumentada, realidad mixta, realidad virtual.*

---

### 1. Introducción: lo que debemos saber de inicio

Si bien la Real Academia Española define la realidad como *la existencia real y efectiva de algo* (Real Academia Española, s.f.), cada uno de nosotros recreamos esa realidad a través de la percepción y experiencias propias. Conforme a nuestros hábitos y deseos diarios, la realidad puede llegar a tornarse rutinaria y con falta de cambios que nos permitan vivir

nuevas experiencias. Entonces, ¿existe alguna forma en que podamos mejorar esta realidad? ¡Por supuesto que sí! Y con uso de tecnología al alcance de nuestra mano, pues podemos utilizar desde dispositivos de uso común como un teléfono inteligente o una tableta, hasta dispositivos más especializados como pueden ser algunos lentes holográficos (holografía: proyección o presentación de una imagen en 3 dimensiones; lentes holográficos: dispositivo montable en forma de lentes para la presentación de imágenes holográficas).

Con la aplicación de estos dispositivos es que se puede crear, por llamarle de alguna forma, una “reconstrucción” de la realidad y darle un conjunto de nuevas experiencias. Al decir esto no se pretende declarar que podemos tomar la realidad como un bloque de mármol y moldearla en su totalidad con un cincel para transformarla totalmente a nuestro gusto como si fuésemos escultores. Por el contrario, simplemente tomamos aquello que ya existe y con ayuda de la tecnología computacional creamos elementos gráficos para que se integren, “existan” y le den una nueva presentación a todo aquello que percibimos.

## **2. Fundamentos Teóricos: reglas y principios científicos importantes**

Dentro del auge (auge: período o momento de mayor elevación o intensidad de un proceso o estado de las cosas) de las herramientas virtuales es común que en ocasiones nos perdamos en la distinción de la realidad aumentada contra vertientes similares como son la realidad virtual y la realidad mixta, pero no hay de qué preocuparse, es muy fácil distinguir a cada una de ellas. Cuando la experiencia que estamos viviendo es en su totalidad dentro de un mundo reconstruido en una computadora se trata de la realidad virtual, como puede ser el caso de algún videojuego. Por otro lado, cuando colocamos elementos virtuales a nuestro entorno con la ayuda de un teléfono inteligente, por ejemplo, estamos hablando de realidad aumentada. Ahora bien, si le añadimos al elemento virtual que recreamos con la ayuda de la realidad aumentada alguna interacción con nosotros, como el que lo podamos “mover” a través de gestos, entonces se trata de lo que se llama realidad mixta.

Ya que hemos identificado en qué se diferencia la realidad aumentada de la realidad virtual y mixta, es importante ahora ver cómo es que se pone en acción. Para entender cómo es que actúa la realidad aumentada pongamos un ejemplo. Imaginemos que nos encontramos

leyendo algún libro sobre dinosaurios, tal como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ¿A quién no le gustaría apreciar a plena vista cómo era un dinosaurio en el mundo real? Se podría decir que más de alguno podría disfrutar esa oportunidad. Entonces, para lograr traerlo “a la vida” primero se necesita saber en qué ubicación de la realidad deberá existir el dinosaurio. Este primer paso se hace utilizando una cámara, como la de algún teléfono inteligente, con la cual se capturará el entorno de la realidad y buscará un elemento sobresaliente de dicho entorno, el cual servirá de referencia para que se traiga a la vida al dinosaurio. Generalmente estos elementos de referencia suelen ser algún texto, una imagen o un código (código: conjunto de signos o símbolos usados para la comunicación) en el área donde se proyectará el elemento virtual, como puede ser el caso de algún código QR (código QR: combinación de cuadros y barras para ser leído e interpretado por una computadora), los cuales encontramos cotidianamente en elementos de publicidad. Ya que se ha definido el espacio donde existirá y se integrará el dinosaurio, no resta más que crearlo y proyectarlo a través de la pantalla del teléfono para que se integre a la realidad.

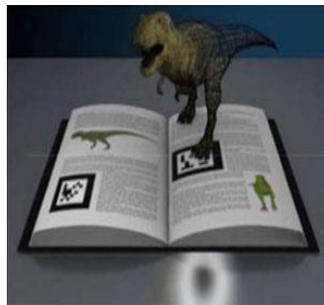


Figura 1 Ejemplo de dinosaurio en realidad aumentada. Obtenido de: (Riguero, 2017).

Como podemos ver de nuestro ejemplo, existen una gran diversidad de elementos que deben tener la capacidad de interactuar entre ellos para llevar a buen término el funcionamiento de la aplicación que queremos crear. Desde el momento en que tomamos nuestro celular para tomar la fotografía y deseamos ubicar la posición donde se proyectará el dinosaurio, estamos haciendo uso de herramientas que se relacionan con la electrónica, pues primero debemos transformar en señales eléctricas la escena vista por la cámara para poder representarlas en forma de rectángulo para analizarlas y lograr ubicar dicha posición. A esto se suma que debemos hacer uso de una computadora, la cual ya viene integrada al

celular de manera interna, esto para poder generar y construir el modelo de dinosaurio virtual que deseamos proyectar, el cuál incluso podríamos descargar desde alguna página de servicios por internet para ahorrar tiempo de cálculos a nuestro dispositivo. Ahora bien, como estamos integrando elementos que interactúan con la realidad, es importante tomar en cuenta las leyes de la física que rigen nuestro entorno real, para lo cual sería importante recurrir a áreas de estudio como la Mecánica. Con esto buscamos mostrar que, en la actualidad, cualquier desarrollo tecnológico ya es dependiente de muchas áreas distintas por naturaleza para lograr un buen funcionamiento, por lo que es importante notar que esto requiere de un equipo de trabajo especializado en diversas áreas, o bien, de algún especialista que pueda dar ese lazo de unión entre distintas ingenierías como lo es la ingeniería Mecatrónica.

### **3. Desarrollo del Trabajo: *aplicando las reglas y principios científicos***

La realidad aumentada ha encontrado grandes campos de aplicación en el entorno social. Por ejemplo, algunos museos de historia natural han mejorado la experiencia de sus visitantes con exposiciones que recrean y traen a la vida una gran diversidad de seres que habitan o llegaron a habitar la tierra, como fueron los dinosaurios. La literatura también ha utilizado la realidad aumentada como un modelo de atracción para nuevos lectores, pues quién no disfrutaría de un libro que no sólo se lee, sino que también recrea pasajes o escenarios contenidos en su redacción. La educación por su parte, siempre en la constante búsqueda de mejores métodos para enseñar, también busca explotar el potencial de la realidad aumentada para desarrollar aplicaciones de aprendizaje que sean más amigables y fáciles de aprehender por parte de los estudiantes. Estas aplicaciones van desde conceptos para niveles de educación básica, como las Ciencias Naturales, hasta niveles de educación superior para asignaturas como Anatomía (Anatomía: ciencia que estudia la forma y estructura de los seres vivos) o hasta Robótica (Robótica: técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos llamados robots para la realización de trabajos en sustitución de personas).

El nuevo auge de la Industria 4.0 (Industria 4.0: nueva revolución industrial que digitaliza los procesos industriales integrando la inteligencia artificial con las máquinas para la mejora de

procesos y administración de recursos) ha permitido abrir una brecha de oportunidad para la realidad aumentada en diversos ámbitos dentro de la industria. Por una parte, la industria se ve beneficiada con la mejora en el desarrollo de sus procesos, pues con la proyección de elementos virtuales al ejecutar algún proceso o tarea, ya sea de mantenimiento, capacitación o fabricación, el personal puede ser guiado en ella para reducir errores, por ejemplo, colocar piezas de forma inadecuada, o incluso reducir los tiempos de realización. Por otro lado, los clientes potenciales de la industria podrán conocer los productos fabricados que obtendrían incluso antes de fabricar algún modelo real. Imagine, por ejemplo, que podría visualizar un carro totalmente construido con todos sus componentes y revisarlo mucho antes de que este pueda ser terminado por alguna armadora automotriz.

#### **4. Conclusiones: lo que podemos aprender de este artículo**

En conclusión, se puede ver que la virtualización de nuestro entorno y realidad nos permite desarrollar nuevas soluciones en los ambientes social, educativo, de entretenimiento, cultural e incluso industrial. Se han mostrado algunas aplicaciones que demuestran que el uso de la realidad aumentada nos permite generar un impacto positivo en las tareas que realizamos. Dicho impacto positivo lo vemos reflejado cuando el usuario logra ejercer la actividad virtualizada de una manera más eficiente, guiada y a través de una experiencia atractiva, donde no sólo se logra que se termine una tarea afín a la aplicación desarrollada, sino que al mismo tiempo se alcanza un bienestar mental en el usuario logrando beneficios como la reducción del estrés y una mayor concentración en la tarea.

#### **5. Referencias: por si quieres seguir conociendo más**

- BBVA. (2018). *Los siete usos de la realidad aumentada que ya están aquí*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/siete-usos-realidad-aumentada-ya-estan-aqui/>
- Fernández de Lara, C. (2021). *Te guste o no, la realidad aumentada y virtual será la tecnología dominante durante los próximos 50 años*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/te-guste-o-no-la-realidad-aumentada-y-virtual-sera-la-tecnologia-dominante-de-los-proximos-50-anos/>
- Real Academia Española (s.f.) Realidad. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 26 de julio de 2024, de <https://dle.rae.es/realidad>

Riguero Bello, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. 5(2). Obtenido de <https://link.gale.com/apps/doc/A568009289/IFME?u=googlescholar&sid=bookmark-IFME&xid=339822a0>

Thevardaoman. (s.f.). Dinosaurios Muse Nacional Historia Natural Madrid Realidad Aumentada. Obtenido de <https://youtu.be/gnl68Mh3lss>



## Salud 4.0 y la Ingeniería Mecatrónica

**Alonso Alejandro Jiménez Garibay \***

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

**Tania Jareth Pérez Martínez**

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

\* Autor de correspondencia: [alonso.jimenez@itcelaya.edu.mx](mailto:alonso.jimenez@itcelaya.edu.mx)

---

**Resumen:** *Se explora el impacto de la Ingeniería Mecatrónica sobre algunas áreas como la educación, la manufactura, pero sobre todo sobre la salud. Con el surgimiento de la Industria 4.0, diversas áreas de investigación y desarrollo tecnológico buscan incorporar la interacción no sólo de las máquinas y objetos con el Internet, sino hasta los datos que se generan de la salud de las personas. Aquí se muestra un ejemplo de la conjunción del Internet y la salud a través de la Salud 4.0, la cual surge como una alternativa para la mejora de la calidad de vida de las personas.*

**Palabras clave:** *mecatrónica, Industria 4.0, Internet, Salud 4.0.*

---

### 1. Introducción: lo que debemos saber de inicio

Imagina que en una máquina cualquiera se pudiera saber en qué condiciones esta funcionando y más aún que ante un problema pudiera tomar decisiones de manera inteligente. Ahora imaginemos que todo lo que nos rodea pudiera comunicarse con nosotros, nuestra casa, nuestro automóvil, etc. Para que esto suceda, es necesario contar con un sistema que además de preguntarle a la máquina cómo se encuentra, también sea capaz de controlar todas sus acciones. Un ejemplo de ello es el sistema para mantener la velocidad

de un automóvil, el sistema mantiene la salida, aunque vaya en un tramo recto, de subida, o haya viento en contra, sin la necesidad de que el conductor accione el acelerador.

En el sector salud, imagina ahora que la máquina es tu cuerpo, que pudiéramos saber cómo funciona monitoreando sus variables a toda hora mediante algún dispositivo y que el profesional en salud pudiera observar la evolución desde cualquier parte del mundo con solo una conexión a internet. ¿Suena futurista no? Te sorprenderá saber que gracias a la tecnología ya puede apreciarse en nuestra vida diaria. Con la intención de ilustrar la idea, visualiza un reloj inteligente, o *smartwatch*, que con solo hacer contacto con la piel puedes visualizar en pantalla el ritmo cardíaco, un solo número que indica la cantidad de latidos del corazón por minuto, con un rango dentro de lo normal entre 60 y 100 latidos por minuto. Y este número de latidos compartirlo a donde se desee, un médico, un hospital, un preparador físico, etc., en cualquier parte del mundo.

Además, de una manera avanzada, es posible utilizar un robot para efectuar operaciones quirúrgicas a distancia, hacer consultas médicas en línea con toma de signos vitales remota, realizar trámites de servicios de salud en línea, generar diagnósticos remotos con resultados de análisis médicos de manera digital/virtual. Un sinfín de posibilidades, gracias a la integración de la conectividad y el desarrollo de sistemas automáticos inteligentes.

Con la aplicación de estos dispositivos es que se puede crear, por llamarle de alguna forma, una “reconstrucción” de la realidad y darle un conjunto de nuevas experiencias. Al decir esto no se pretende declarar que podemos tomar la realidad como un bloque de mármol y moldearla en su totalidad con un cincel para transformarla totalmente a nuestro gusto como si fuésemos escultores. Por el contrario, simplemente tomamos aquello que ya existe y con ayuda de la tecnología computacional creamos elementos gráficos para que se integren, “existan” y le den una nueva presentación a todo aquello que percibimos.

## **2. Fundamentos Teóricos: reglas y principios científicos importantes**

Un sistema automático puede definirse como la integración de dispositivos que permiten mantener una salida controlada ante diferentes condiciones y sin la necesidad de la acción

humana. Cuando a un sistema automático se le añade conectividad y la posibilidad de tomar decisiones mediante algoritmos computacionales, se dice que existe una integración tecnológica, tal es el caso del concepto de Industria 4.0. Este concepto nace en 2010 en Alemania y se basa en la conectividad inteligente de sistemas automáticos en una industria. Y no solo se aplica a la industria, por ejemplo, en la agricultura se utiliza para incrementar la cosecha por hectárea, conociendo en todo momento el desarrollo de la planta y manteniendo las condiciones ideales.

### **3. Desarrollo del Trabajo: *aplicando las reglas y principios científicos***

En la actualidad y debido a las características del virus que provocó la pandemia, la medición del oxígeno en la sangre es importante para el diagnóstico de la enfermedad. Esta prueba mide la cantidad de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre. Cuando respiramos, nuestros pulmones inhalan oxígeno y exhalan dióxido de carbono. El desequilibrio entre los niveles de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre puede ser un signo de que los pulmones no están funcionando bien. El equipo de medición es no invasivo en el cuerpo humano, (quiere decir que no hay necesidad de la inserción de una aguja o que el dispositivo deba introducirse en el cuerpo) y de fácil adquisición en farmacias o centros comerciales lo que representa un avance en el desarrollo de dispositivos médicos. El dispositivo es un pulsioxímetro (vea la Figura 2), y se coloca sobre alguna zona relativamente traslúcida del cuerpo (como por ejemplo la yema del dedo).



*Figura 2 Medidor de oxígeno que determina la saturación arterial de oxígeno y la frecuencia cardíaca (pulso). Obtenido de: <http://www.beurer.com>*

Sin embargo, la medición solo se despliega en el equipo, por lo que el monitoreo es de forma individual. Si esto lo diseñáramos bajo el concepto de salud 4.0, ahora el médico o doctor podría acceder a los datos medidos mediante algún dispositivo con conexión a internet, sin la necesidad de citar al paciente en consultorio o realizar videollamada. La transacción de honorarios del médico o doctor podría realizarse sin intermediarios. Y tal vez, gracias a los datos y a un algoritmo inteligente, se podría generar un diagnóstico inmediato para el paciente.

Este escenario tecnológico 4.0, aunque genera muchas posibilidades en pro de la humanidad, también incrementa el reto de los profesionistas. Preguntas como: ¿Debo saber todo lo relacionado al concepto 4.0? ¿Qué estudiar? Son algunos cuestionamientos básicos, donde la respuesta puede ser bastante amplia, pero desde un punto de vista práctico la respuesta es la adaptación y el trabajo en equipo. Sin embargo, hay algunas carreras con afinidad por la naturaleza misma de los conocimientos adquiridos durante su desarrollo. Una carrera prometedora es la Ingeniería Mecatrónica, donde se integran áreas de las ingenierías que son importantes en el concepto 4.0 con integración de conocimientos de disciplinas tales como: electrónica, mecánica, sistemas de computacionales y control, además de que algunos programas educativos están orientando módulos de especialidad en sistemas inteligentes o 4.0.

Como se mencionó anteriormente el concepto 4.0 se está impactando a muchas áreas de aplicación, así si hablamos de educación 4.0, los esquemas de las instituciones educativas o escuelas deben adaptarse a los nuevos escenarios de conectividad y el equipo de trabajo ahora estará conformado por administrativos, ingenieros en sistemas, profesores o maestros, trabajadores, alumnos, etc. Cada uno ejecutando su rol y con la enmienda de comprender de manera general el concepto, sin necesidad de realizar el diseño total del sistema.

Para salud 4.0, los ingenieros biomédicos tendrán un papel importante dentro de este concepto. Debido a que es el intermediario entre el profesional que desarrolla la tecnología o equipo médico, con el especialista en salud. Todos los servicios asociados al área de salud también tendrán un proceso de adaptación: farmacéuticas, proveedores, personal de mantenimiento de equipo médico, enfermería, etc., con sistemas eficientes de

reconocimiento o predicción de falta de suministros y sistemas efectivos de pagos electrónicos.

De acuerdo con las necesidades actuales y aportando al futuro de nuestro país, el Tecnológico Nacional de México en Celaya, mediante su oferta académica incluye la carrera de Ingeniería Mecatrónica, en la que actualmente se cursa el módulo de especialidad de Industria 4.0, con el objetivo de orientar el conocimiento hacia las tendencias actuales. También, en el año 2019 se creó el programa de estudios de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, donde las líneas de investigación y profesores-investigadores orientan proyectos con tendencias en 4.0 en agricultura, energías renovables, salud y sistemas sustentables.

#### **4. Conclusiones: *lo que podemos aprender de este artículo***

Estamos en una era tecnológica en donde la integración de conocimientos de diferentes áreas y la innovación son la base de aplicaciones inimaginables. Los sistemas inteligentes o 4.0 cumplen con estas características, tomando como pilar la conectividad. El área de la salud ya sea pública o privada, es una de las áreas más prometedoras en un futuro cercano, con integración de tecnologías inteligentes. Desarrolladas por profesionales de todos los campos de la ciencia, en búsqueda de soluciones innovadoras, con el objetivo de mejorar el servicio, la salud y el bienestar en general de los pacientes. La preparación de los estudiantes en escuelas con reconocimiento de calidad educativa será la base del desarrollo de esta y otras tendencias tecnológicas en nuestro país.

#### **5. Referencias: *por si quieres seguir conociendo más***



## Reconocimiento de rostros humanos utilizando imágenes que muestran cambios de temperatura

**José Alfredo Padilla Medina \***

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

**Gianna González González**

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

**Agustín Sancén Plaza**

Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México

\* Autor de correspondencia: [alfredo.padilla@itcelaya.edu.mx](mailto:alfredo.padilla@itcelaya.edu.mx)

---

**Resumen:** *El reconocimiento de rostros humanos es un área de investigación que se ha abordado desde hace décadas, su importancia radica en la necesidad de contar con programas de cómputo que realicen esta tarea con alta confiabilidad utilizando imágenes o videos de rostros humanos. A continuación, se describe un programa de cómputo para el reconocimiento de rostros humanos que tiene como base de conocimiento imágenes de calor, comúnmente llamadas imágenes térmicas, que muestran de temperatura del rostro con los cuales es posible llevar a cabo una tarea de reconocimiento.*

**Palabras clave:** *computación, imágenes térmicas, rostro humano.*

---

### 1. Introducción: lo que debemos saber de inicio

Un artículo científico publicado en el año 2020 en la revista “Problemas Matemáticos en la Ingeniería” (<https://doi.org/10.1155/2020/1024173>), o *Mathematical Problems in Engineering* bajo su título en inglés, señala que el reconocimiento de rostros humanos mediante

imágenes que muestren los cambios de temperatura de la superficie del rostro presenta ventajas sobre sistemas que utilizan imágenes a color como las capturadas con un celular. Esto se debe a que las imágenes térmicas no sufren cambios por alteraciones en las condiciones de iluminación del medio ambiente; sin embargo, cambios en el sistema termorregulador de las personas, el cual es el proceso por el que el cuerpo humano mantiene una temperatura estable, pueden ocasionar que el sistema de reconocimiento falle, algunas de las causas pueden ser el consumo de alcohol, cafeína, drogas o antibióticos.

## 2. Fundamentos Teóricos: reglas y principios científicos importantes

Sabemos que en matemáticas es muy recurrido el uso de ecuaciones. Con estas es posible que hagamos la descripción de cómo se va a comportar el mundo físico. Por ejemplo, en la Física es muy común encontrar que la fuerza es producto de la masa de un objeto por la aceleración que se le añade. Esto lo podemos ver cuando un objeto cae, pues su masa (masa: magnitud física que expresa la cantidad de materia de un cuerpo, medida por la inercia de este (Real academia española, s.f.)) se acelera por efecto de la gravedad, la cual es equivalente a  $9.81 \text{ m/s}^2$  (metros sobre segundo al cuadrado).

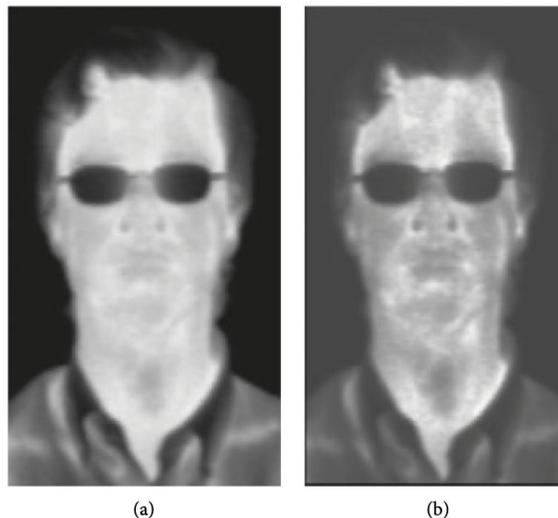


Figura 3 Imagen de un rostro humano: a) Imagen térmica; b) Imagen térmica después del análisis matemático. Obtenida de: (Sancen-Plaza, 2020).

En el caso particular del estudio de calor en rostros, se hace uso de un sistema de ecuaciones conocido como “Modelo de transferencia de biocalor”. Este modelo permite reducir los efectos térmicos de la superficie de la piel causadas por condiciones externas o internas, resaltando las zonas del rostro con mayor temperatura y atenuando las zonas del rostro con menor temperatura. Los autores aseguran que este modelo amplía aún más las aplicaciones del reconocimiento de rostros humanos mediante imágenes térmicas. La Figura 3 ilustra los efectos de aplicar el sistema de ecuaciones a una imagen térmica; en la Figura 3(a) se muestra la imagen térmica original y en la Figura 3(b) es posible observar los efectos de aplicar el sistema de ecuaciones y la forma en cómo dicho modelo resalta las diferencias de temperatura en el rostro facilitando la tarea de reconocimiento.

### **3. Desarrollo del Trabajo: *aplicando las reglas y principios científicos***

La metodología propuesta fue evaluada utilizando una base datos de la Pontificia Católica de Valparaíso en Chile, la cual consta de imágenes térmicas de rostro de 40 hombres y 6 mujeres con una edad promedio de 24 años. Para cada participante se analizaron 50 imágenes en condición de no consumo de alcohol y 50 imágenes cuando hubieran ingerido 1, 2, 3 y 4 cervezas de 355mL de 5.5 grados de alcohol, respectivamente, dando un total de 250 imágenes térmicas por cada participante.

Los resultados mostrados por los autores muestran los porcentajes de reconocimiento obtenidos en condiciones de no consumo de alcohol y para diferentes niveles de consumo del alcohol considerando 1, 2, 3 y 4 cervezas. Los porcentajes de reconocimiento más bajos se obtuvieron cuando los participantes consumieron 2 cervezas (96.47%) mientras que los porcentajes de reconocimiento más alto se obtuvieron cuando los participantes consumieron una cerveza (99.82%). De manera sorprendente, los porcentajes de reconocimiento más altos no resultaron para los casos de no consumo de alcohol.

En el análisis de las imágenes térmicas fue posible observar que el consumo de alcohol provoca cambios en el sistema termorregulador que a su vez generan cambios en la temperatura del rostro. Estos cambios de temperatura generalmente reducen la eficiencia

de los programas de cómputo; sin embargo, la aplicación del sistema de ecuaciones causó que el algoritmo tuviera porcentajes altos de reconocimiento.

#### **4. Conclusiones: lo que podemos aprender de este artículo**

Los resultados mostrados por los autores permiten un mayor número de aplicaciones de los sistemas de reconocimiento de rostros utilizando imágenes térmicas, estas pueden ir desde sistemas para detección de niveles de alcohol en conductores de autos de forma no invasiva, sistemas para aeropuertos que permitan la detección no invasiva de personas que han consumido estupefacientes o sistemas de reconocimiento de personas que presenten alguna enfermedad que afecte su sistema termorregulador como una enfermedad respiratoria generada por un virus como el COVID-19 o algunas de sus variantes.

#### **5. Referencias: por si quieres seguir conociendo más**

Real Academia Española (s.f.) Masa. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 26 de julio de 2024, de <https://dle.rae.es/realidad>

Sancen-Plaza, A. (2020). Facial Recognition for Drunk People Using Thermal Imaging. *Mathematical Problems in Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2020/1024173>.



## El Bigdata y la Mecatrónica en la Industria 4.0

**Norma Verónica Ramírez Pérez \***

*Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México*

**Norma Natalia Rubin Ramírez**

*Tecnológico Nacional de México, IT Tepic  
Tepic, Nayarit, México*

**Martín Laguna Estrada**

*Tecnológico Nacional de México, IT Celaya  
Celaya, Guanajuato, México*

\* Autor de correspondencia: [norma.ramirez@itcelaya.edu.mx](mailto:norma.ramirez@itcelaya.edu.mx)

---

**Resumen:** *La mecatrónica en asociación con otras tecnologías, ayudan en la realización de sistemas mecánicos, electrónicos y de control permiten dar respuesta a la industria hoy en día, sin embargo, con las nuevas megatendencias tecnológicas que existen, es necesario tomarlas en cuenta y ver la relación que tienen con la industria 4.0 y con el Bigdata que ayuden al ingeniero mecatrónico no solo a crear tecnología, sino que sea capaz de interpretar la información generada por la misma, y aprenda a tomar decisiones que lo lleven a ser un profesional con competencias técnicas y transversales que las organizaciones actualmente requieren.*

**Palabras clave:** *Bigdata, Industria 4.0, mecatrónica.*

---

### **1. Introducción: lo que debemos saber de inicio**

En los últimos años, las mega tendencias y el auge digital, como lo es el internet y la globalización, han hecho que la educación a nivel superior también cambie y que un egresado de ingeniería tenga la capacidad, flexibilidad y adaptación de afrontar los nuevos

desafíos tecnológicos. Esto ha llevado a influir en las nuevas retículas de ingeniería como la mecatrónica, en donde se ha visto la necesidad de introducir materias que lleven al estudiante de esta carrera a obtener conocimiento propio de la carrera y conocer nuevas tecnologías que le permitan a su egreso, introducirse a los procesos de diseño, a proyectos de innovación tecnológica, a la automatización de procesos, a la planeación y producción, entre otros retos por afrontar. Con todo este bagaje de nuevas tendencias, un enfoque ha venido para quedarse, que es el caso de la industria 4.0 como uno de los conceptos que se ha convertido en una corriente trascendental en las organizaciones tanto públicas como privadas, que han venido a modificar las metodologías clásicas y hasta los modelos de negocios. El concepto de industria 4.0 surge en Alemania en 2011, y hace referencia a una política económica gubernamental, que se basó en estrategias de alta tecnología caracterizada por la automatización, la digitalización de los procesos y el uso de las tecnologías de la electrónica, de la información masiva y la manufactura en sus diferentes modalidades como la avanzada y la aditiva.

Según el estudio realizado por el centro de Investigación en Matemáticas Avanzados S.C. (CIMAV), la mecatrónica surge de la combinación de distintas ramas de la ingeniería, como la combinación de la mecánica, electrónica, informática y sistemas de control, y su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura. El término Mecatrónica fue acuñado en 1969 por el ingeniero japonés Yasuaki Umetani y su incursión en México inicia a principios de los 90's, cuando universidades públicas y privadas las integran en sus programas educativos. Ya en la actualidad, muchas instituciones de nivel superior imparten programas educativos en los que cada institución establece los requisitos para iniciar esta formación, el campo y mercado en donde se desenvuelve el ingeniero mecatrónico, el cual es considerado como un líder de proyecto de diseño, construcción e implantación de nuevos productos o proceso inteligentes que requieren los conocimientos ya mencionados previamente.

## 2. Fundamentos Teóricos: reglas y principios científicos importantes en este artículo

La mecatrónica en asociación con otras tecnologías, ayudan en la realización de sistemas mecánicos, electrónicos y de control permiten dar respuesta a la industria hoy en día, sin embargo, con las nuevas megatendencias tecnológicas que existen, es necesario tomarlas en cuenta y ver la relación que tienen con la industria 4.0 y con el Bigdata que ayuden al ingeniero mecatrónico no solo a crear tecnología, sino que sea capaz de interpretar la información generada por la misma, y aprenda a tomar decisiones que lo lleven a ser un profesional con competencias técnicas y transversales que las organizaciones actualmente requieren.

La revolución de la industria 4.0 ha traído consigo oportunidades de crecimiento que han permitido la adopción de tecnologías de información en las organizaciones. En la Figura 4 se ilustra la evolución de la industria desde la primera hasta la cuarta revolución. Según Sukhodolov (2019), hay cuatro enfoques que determinan el concepto de la Industria 4.0, que es el social, en competencias, producción y comportamiento, que representan un modelo industrial para alcanzar la dirección y desarrollo de sistemas de producción automatizados, así como la reestructuración en los métodos de control, de mantenimiento preventivo y correctivo.

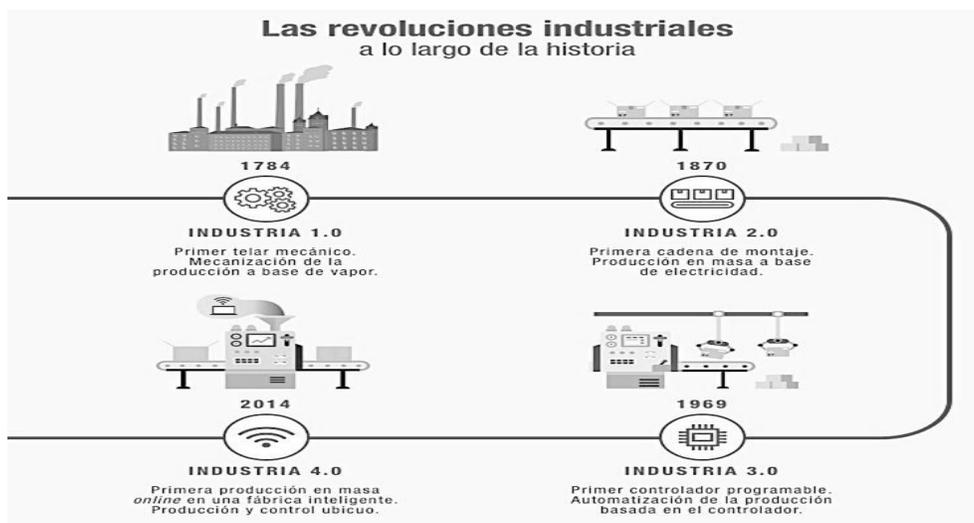


Figura 4 La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0. Obtenido de: Deloitte.

### **3. Desarrollo del Trabajo: *aplicando las reglas y principios científicos***

Los procesos productivos han permitido la incursión del ingeniero mecatrónico, para aprovechar sus conocimientos técnicos y dar respuesta a problemas en los que se ven involucrados la intervención de robots y la inteligencia artificial. Hoy día, las organizaciones requieren y demandan profesionales integrales y multidisciplinarios que solventen las exigencias que la industria 4.0 requiere, así como aprovechar oportunidades y ser más eficientes en tareas que les permitan analizar y ejecutar acciones desde la perspectiva del ingeniero mecatrónico con las bases teóricas propias de la carrera, aplicarlas en conjunto con los temas de la industria 4.0 como: Inteligencia Artificial y Machine Learning, Big Data, Ciencia de Datos, Robots Autónomos, Simulación, Internet de las Cosas (IoT), Ciberseguridad, Cloud Computing, Fabricación Aditiva, Impresión 3D, Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV), entre otros como se muestra en la Figura 5. El Bigdata, la ciencia de datos y la mecatrónica, son elementos trascendentales dentro de la industria 4.0, en la actualidad el Bigdata es considerado como el nuevo oro informático del siglo XXI, ya que nuestra vida cotidiana está siendo observada en todo momento, y desde el mismo momento que abandonamos nuestra casa, sin querer estamos generando datos. El Bigdata es un término que ilustra un gran volumen de información con el que trabaja, el cual maneja datos como los estructurados y no estructurados, es decir, bases de datos formales, de correos electrónicos, de redes sociales, dispositivos, etc., por lo que las organizaciones actualmente proveen mucha más información y si saben manejarla, se vuelven más eficientes para posicionarse en el mercado.



Figura 5 Elementos fundamentales para que una empresa sea del tipo Industria 4.0. Obtenido de: <https://comeca.com.mx/>

Hablar de Bigdata no solo es hablar de una cantidad masiva de datos, sino que este gran volumen de datos deben cumplir algunas características como: volumen, variabilidad, velocidad, valor, veracidad, visibilidad y viabilidad, que sin estas características, sería imposible realizar un proyecto de Bigdata, ya que por mencionar la falta de alguna de ellas como la veracidad, si los datos no son ciertos, de nada me sirve analizarlos, o por otro lado, si no hay viabilidad, es decir la infraestructura o el recurso, sería muy costoso hacerlo. Se puede decir que la introducción de iniciativas de Bigdata permiten tener mayores posibilidades y que las organizaciones tengan mucha más oportunidad de posicionamiento en el mercado, tanto en sus procesos industriales, servicios y por qué no, también en el ámbito administrativo, implementando la toma de decisiones y la inteligencia de negocios.

#### **4. Conclusiones: lo que podemos aprender de este artículo**

La relevancia de la industria 4.0 en especial con el Bigdata y el ingeniero mecatrónico, es sin duda, un área de oportunidad que permitirá la aplicación de nuevos conocimientos que surgen a partir de las mega tendencias tecnológicas, que hará que se tengan profesionales con más oportunidades laborales, y aunado a los conocimientos propios de la ingeniería, llevará a los estudiantes a tener más capacidad para brindar soluciones a las organizaciones con respecto a la automatización de los procesos y el manejo de la información.

## 5. Referencias: *por si quieres seguir conociendo más*

Diagnóstico de Mecatrónica, disponible en:

Diagnostico\_Prospectiva\_Mecatronica\_Mexico.PDF Obtenido de:

<http://economia.gob.mx>

Joyanes Aguilar, L. (2013) Bigdata, Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones, Alfaomega, Santiago de Chile.

Monleón-Getino, A. (2015). El impacto del Big-data en la Sociedad de la Información. Significado y utilidad. *Historia y Comunicación Social*. 20(2), páginas 427-445.

Mosconi, F. (2015). The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. London, England: Routledge.

Sommer, L. (2015). Industrial revolution— Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8, 1512-1532.

Sukhodolov, Y. A. (2019). The notion, essence, and peculiarities of industry 4.0 as a sphere of industry. *Studies in systems, decision and Control* 169, 3–10.



## Monitoreo del crecimiento de cultivos Aeropónicos mediante imágenes

**Coral Martínez Nolasco \***

*Tecnológico Nacional de México en Celaya,  
Celaya, Guanajuato, México*

**Mauro Santoyo Mora**

*Tecnológico Nacional de México en Celaya,  
Celaya, Guanajuato, México*

**Juan José Martínez Nolasco**

*Tecnológico Nacional de México en Celaya,  
Celaya, Guanajuato, México*

**Mauricio Erazo Barradas**

*Tarleton State University  
Stephenville, Texas, USA*

**José Alfredo Padilla Medina**

*Tecnológico Nacional de México en Celaya,  
Celaya, Guanajuato, México*

**Cristal Yoselin Moreno Aguilera**

*Tecnológico Nacional de México en Celaya,  
Celaya, Guanajuato, México*

\* Autor de correspondencia: [coral.martinez@itcelaya.edu.mx](mailto:coral.martinez@itcelaya.edu.mx)

---

**Resumen:** *En el presente trabajo el lector podrá encontrar una breve introducción sobre la novedosa técnica de cultivo Aeroponía, sus características, ventajas y la forma en la que se puede monitorear el crecimiento de un cultivo en invernadero de manera no invasiva haciendo uso de imágenes obtenidas con un sistema de visión. El monitoreo de un cultivo con el uso de tecnología ayuda a optimizar la toma de decisiones y llevar un mejor control en su desarrollo.*

**Palabras clave:** *Aeroponía, Cultivo, Imágenes, Monitoreo.*

---

## **1. Introducción: lo que debemos saber de inicio**

En la actualidad, la agricultura enfrenta múltiples desafíos, debe producir más alimentos para una población en crecimiento y debe sobrellevar la reducción o pérdidas en los cultivos causadas por la falta de agua y por los efectos de las condiciones climáticas extremistas (Olas de calor, sequías, inundaciones). Como consecuencia, se ha incrementado la producción de vegetales en invernaderos (Invernadero: estructura cerrada que mantiene las condiciones ambientales adecuadas para favorecer el crecimiento de un cultivo), a la par con poner en práctica nuevas técnicas de cultivo (hidroponía, aeroponía) buscando reducir o mitigar los factores adversos que afectan a las plantas.

Aeroponía, es la técnica de cultivar plantas sin utilizar tierra o agua como medio de apoyo, las raíces de las plantas se suspenden en el aire dentro de una estructura que las soporta y las hojas de la planta permanecen en la parte superior. Los nutrientes que necesita la planta para su crecimiento o desarrollo se le proporcionan por medio de un sistema de riego automático que consiste en rociar con la ayuda de aspersores la solución nutritiva (mezcla de agua y fertilizantes) a las raíces cada cierto tiempo. La repetición del rocío se establece dependiendo del tipo de cultivo y sus necesidades. Una de las principales características de la aeroponía es la alta disposición de oxígeno que presenta la técnica al rociar la solución nutritiva, esto favorece la respiración de la raíz e incrementa la fotosíntesis (capacidad que tienen las plantas para transformar la energía lumínica del sol en energía química, este proceso permite que las plantas generen su propio alimento), además observar el sistema de raíces resulta una tarea muy sencilla.

Las ventajas de la aeroponía en comparación con otros sistemas de cultivo incluyen: reducción en el consumo del agua, hace que sea más fácil cosechar cultivos de manera más limpia, reduce el uso de fertilizantes, permite la producción todo el año dentro de un área limitada y ha demostrado que los productos son de buena calidad.

## **2. Fundamentos Teóricos: reglas y principios científicos importantes**

Durante la última década, la combinación de imágenes digitales (Imagen Digital: representación computacional de un objeto real) y técnicas de aprendizaje automático

(Técnicas de aprendizaje automático: es el subcampo de las ciencias de la computación y una rama de la inteligencia artificial, cuyo objetivo es desarrollar técnicas que permitan que las computadoras aprendan) para abordar los problemas agrícolas ha sido uno de los elementos más explorados de la agricultura digital (Digital: sistema que almacena información en forma de bits). La sostenibilidad agrícola promueve el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan la reducción de impactos ambientales, una mayor accesibilidad a los agricultores y, en consecuencia, una mayor productividad.

El uso de nuevas tecnologías ha llevado a cambiar la forma como se monitorea el desarrollo de un cultivo y las variables dentro de un invernadero. Actualmente, la tendencia es utilizar herramientas no invasivas (No invasivo: no daña el medio que se va a medir) y de fácil aplicación como lo son los sistemas de visión (Sistema de visión: tecnología que permite la inspección de elementos mediante imágenes), los cuales son validados al contrastar con parámetros obtenidos de sensores instrumentados de manera tradicional. Las técnicas de análisis de imágenes muestran mucho potencial aquí, ya que representan enfoques in situ (In situ: en el lugar), potencialmente autónomos (Autónomo: que trabaja por cuenta propia) y confiables para el monitoreo del crecimiento vegetal y detección e identificación de enfermedades y estrés en cultivos, se refiere a cualquier factor que afecte negativamente la capacidad de crecimiento y prosperidad de una planta.

El estrés en una planta es provocado por todos aquellos factores bióticos o abióticos que impiden que se lleve a cabo la fotosíntesis (Fotosíntesis: es un proceso que las plantas realizan para fabricar sus propios alimentos a partir de varios elementos que encuentran en su ambiente: luz, del sol, dióxido de carbono y agua que obtienen del suelo o del ambiente). Los factores bióticos son los seres vivos que podrían afectar a la planta como: insectos, bacterias y hongos. Los abióticos se refieren a factores ambientales como son: salinidad, aspectos hídricos, iluminación, limitación de nutrientes y cambios climáticos.

### **3. Desarrollo del Trabajo: *aplicando las reglas y principios científicos***

Las cámaras fotográficas son utilizadas para la recopilación de datos de interés de los cultivos. Las hay de diversos tipos como las cámaras convencionales o las cámaras que

aportan información de temperatura o forma de un objeto, con las que se puede analizar la composición de los cultivos y conseguir datos que no son visibles con el ojo humano. Las cámaras convencionales nos permiten obtener imágenes en la región visible, las cuales han sido ampliamente utilizadas en el análisis y diagnóstico de diferentes tipos de plantas.

Las imágenes térmicas son muy empleadas debido a que con su captura es posible obtener información de temperatura del objeto que se está analizando. El análisis térmico (Térmico: se refiere al calor o temperatura) de las partes de una planta nos proporciona información sobre si el cultivo está padeciendo algún tipo de estrés, por lo general si la planta tiene alguna afectación, la temperatura reflejada en la imagen aumenta con respecto a una planta en estado normal, en diversos estudios se ha demostrado que es posible detectar un problema en la planta antes de que la marchitez sea evidente.

En aeroponía es posible monitorear el crecimiento vegetal de una planta a través de la captura de imágenes, se emplean imágenes en distintos tipos y se aprovechan las características que cada uno de estos proporciona al análisis de la información del cultivo, esta técnica nos aporta la ventaja de poder analizar de manera no invasiva lo que sucede especialmente en su raíz. Para este tipo de cultivos es posible obtener una imagen térmica de la raíz que nos ayude a conocer la temperatura promedio de toda la raíz, una imagen térmica de las hojas para conocer la temperatura promedio de sus hojas y con ambas temperaturas caracterizar (Caracterizar: determinar atributos particulares) el comportamiento de un cultivo aeropónico respecto a la temperatura ambiente dentro de un invernadero. Se analizan características básicas de hojas y raíz como son: área, perímetro y largo mediante el empleo de imágenes visibles.

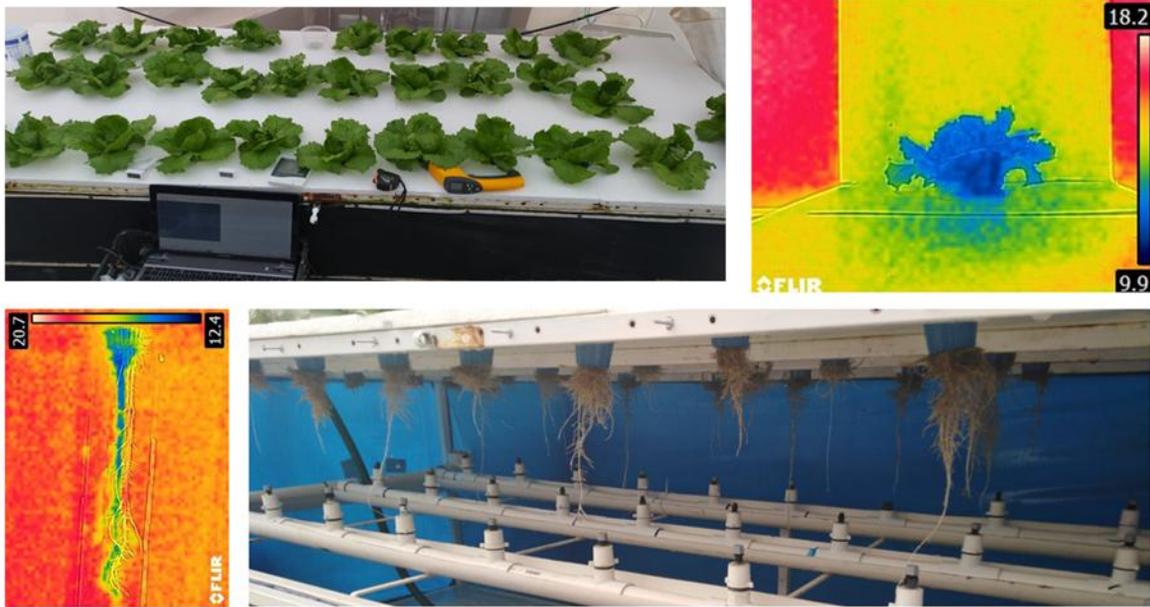


Figura 6. Cultivo de lechuga en cámara de crecimiento aeropónica e imágenes térmicas de hoja y raíz.

#### **4. Conclusiones: lo que podemos aprender de este artículo**

El utilizar sistemas de visión es sólo una parte de la tendencia actual denominada agricultura 4.0 (Agricultura 4.0: conjunto de tecnologías de vanguardia para la optimización agrícola), para ello la agricultura se ha visto en la necesidad de echar mano de otros sectores y emplear tecnologías ya desarrolladas por otras áreas, dentro de la división de las ingenierías se encuentra Ingeniería Mecatrónica que ha hecho un papel muy importante en la revolución de la industria 4.0 (Industria 4.0: transformación de los sistemas de producción utilizando nuevas tecnologías) al ser una carrera multidisciplinaria.

#### **5. Referencias: por si quieres seguir conociendo más**

Real Academia Española (s.f.) Realidad. En Diccionario de la lengua española. Recuperado el 15 de agosto de 2024, de <https://dle.rae.es/fotosíntesis>  
 ¿Qué es la aeroponía?, Recuperado el 15 de agosto de 2024. Obtenido de <https://tecnologiaambiental.mx/que-es-la-aeroponia/>



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

