

# gaiabit<sup>®</sup>

gaiabit.com



11  
Q1|2023

## ENTREVISTA CON JACQUES LAEUFFER

Suspensiones electromagnéticas para automóviles.  
Transportando material radioactivo en el hospital.  
Exoesqueletos, la robótica que abraza a los humanos.  
Tecnología de seguimiento ocular usando videoculografía y sus aplicaciones.

## Contenido

- 7 Suspensiones electromagnéticas para automóviles: Hacia un futuro de movilidad eficiente.** MCs. Pablo Andrés Briceño Tapia, MCs. Andrew Valdivieso Soto, Dr. Renato Galluzzi\*, Dr. Rogelio Bustamante Bello.
- 12 Transportando material radioactivo en el hospital.** Ing. Ilse Aimee Kardasch Nava, Dr. José Rubén Fuentes Alvarez, M. en C. Alejandro Morfin Santana
- 19 Exoesqueletos, la robótica que abraza a los humanos.** Dr. Yukio Rosales Luengas, Dr. Jesús Ricardo López Gutiérrez
- 23 Tecnología de seguimiento ocular usando videoculografía y sus aplicaciones.** Dr. Mario Rojas Hernández, Dr. David Christopher Balderas Silva, Dr. Javier Maldonado Romo, Dr. Luis Arturo Montesinos Silva
- 28 Jacques Laeuffer**  
Por Luis Ibarra.
- 38 19 Congreso de Investigación en Salud Pública.**
- 40 Entrevista a la Dra. Lina Sofía Palacio Mejía.** Por Andrea Domínguez.

*“Los artículos publicados en esta revista reflejan opiniones de la exclusiva responsabilidad del autor”*

Gaiabit S.A. de C.V. | Edición Q1 - 2023 | Prohibida la reproducción total o parcial del contenido de esta revista por cualquier medio electrónico o magnético con fines comerciales sin el permiso previo de los editores. | Reserva de la Dirección General de Derechos de Autor: 04-2022-072111592600-102. Certificado de licitud de contenido en proceso. | Marca registrada ante el IMPI. |

**Editor:** Andrea Domínguez Medina  
andrea@gaiabit.com

**Editores asociados del comité científico:**  
Dra. Juana Isabel Méndez Garduño |  
Dr. Luis Ibarra Moyers |

**Comité científico:**  
Dr. Pedro Ponce Cruz,  
Tecnológico de Monterrey

Dr. Ricardo Ambrocio Ramírez Mendoza  
Tecnológico de Monterrey

Dr. Luis Ibarra Moyers,  
Tecnológico de Monterrey

Dra. Juana Isabel Méndez Garduño,  
Tecnológico de Monterrey

Dr. Edgar Omar López Caudana,  
Tecnológico de Monterrey

Dra. Mariel Alfaro Ponce,  
Tecnológico de Monterrey

Dr. José Rubén Fuentes Álvarez,  
Tecnológico de Monterrey

Dr. David Balderas Silva,  
Tecnológico de Monterrey

Dr. Luis Arturo Montesinos Silva,  
Tecnológico de Monterrey

Dr. Omar Mata Juárez,  
Tecnológico de Monterrey

Dr. Jesús Ricardo López Gutiérrez,  
CINVESTAV

Dr. Hiram Eredín Ponce Espinosa,  
Universidad Panamericana

Dra. Esther Lugo González  
Universidad Tecnológica de la Mixteca

Dr. Manuel García López,  
Instituto Politécnico Nacional

**Comentarios a la publicación**  
e-mail: comentarios@gaiabit.com

**Ventas de publicidad:**  
e-mail: info@gaiabit.com  
móvil: 5531924347

The logo for e.tech, featuring a stylized 'e' in a circle followed by the word 'tech' in a bold, lowercase sans-serif font.

Evolving Education  
SUMMIT & EXPO

CENTROS EDUCATIVOS

EMPRESAS

**SÉ UNO DE NUESTROS ALIADOS**

PRENSA

INSTITUCIONES

**TECNOLOGÍA MARCANDO EL FUTURO**

**DE LA EDUCACIÓN**

**26, 27 Y 28 DE SEPTIEMBRE**  
Centro de Convenciones Puebla, México

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

# SAVE THE DATE

**OCTUBRE 23-27, 2023**

**MONTERREY, MÉXICO**

<https://www.weefgedc2023.org/>



**See you soon in  
Monterrey, Mexico!**

**October 23 - 27, 2023**

**WEEF** 2023  
**& GEDC**

**Convergence for a better world:  
A call to action**

---



# Suspensiones electromagnéticas para automóviles: Hacia un futuro de movilidad eficiente.

**Autores:** MCs. Pablo Andrés Briceño Tapia, MCs. Andrew Valdivieso Soto, Dr. Renato Galluzzi\*, Dr. Rogelio Bustamante Bello.

**Correo:** a01769991@tec.mx, a01658950@tec.mx, renato.galluzzi@tec.mx, rbustama@tec.mx.

**Departamento:** Ingeniería Mecatrónica.

**Grupo de Enfoque (investigación)\*:**  
Energy conversion, storage and management

**Escuela:** Tecnológico de Monterrey,  
Escuela de Ingeniería y Ciencias, Ciudad de México, México.

**Palabras Clave:** #Suspensiones, #regeneración,  
#vehículos, #electromovilidad.

Los sistemas de suspensión automotrices son el conjunto de elementos mecánicos diseñados específicamente para cumplir dos tareas. Primero, asegurar el contacto entre el neumático y el pavimento, permitiendo al conductor conducir de forma segura. Segundo, atenuar las vibraciones producidas por las irregularidades del camino, permitiendo un nivel adecuado de confort para sus ocupantes. En su construcción mecánica básica, un sistema de suspensión consta de un resorte y un amortiguador, ambos comparten el mismo desplazamiento y van sujetos entre la carrocería y la rueda del vehículo.

Los sistemas de suspensión tienen diversas clasificaciones. Desde el punto de vista energético, se pueden clasificar en sistemas pasivos, semiactivos, y activos [1]. En los siguientes párrafos se describirán las principales características de funcionamiento de estos tres tipos de suspensiones.

Por su simpleza y bajo costo, los sistemas pasivos se encuentran en la mayoría de los vehículos. Son fáciles de construir y presentan un desempeño aceptable en la mayoría de las condiciones del terreno. Además, estas suspensiones tienen características invariables. Es decir, que ante cualquier tipo de terreno (pavimento, asfalto, tierra o grava) su comportamiento siempre va a ser igual. Por ello, presentan una capacidad limitada para adaptarse a diferentes condiciones de manejo.

Las suspensiones controlables surgen como una respuesta ante las limitaciones mencionadas de los sistemas pasivos. El uso de sistemas de motores o circuitos hidráulicos con características variables producen cambios en el amortiguamiento de la suspensión, mejorando así el confort y la seguridad al conducir [2]. Las suspensiones controlables pueden ser activas o semiactivas.

Las suspensiones semiactivas disipan la energía del amortiguador, pero pueden variar su firmeza de forma controlada, ya sea variando las propiedades del líquido en su interior [3], o cambiando la geometría del circuito donde circula dicho líquido.

Las suspensiones activas, además de las funciones básicas de un sistema de suspensión, pueden suministrar fuerzas externas al mismo. Esto permite atenuar las oscilaciones del chasis de forma más efectiva. Debido a su alta complejidad, costo y consumo energético, los sistemas activos no se han podido implementar en la mayoría de los vehículos de producción en masa [4]. Las suspensiones activas pueden distinguirse por su principio de funcionamiento como electrohidráulicas o electromagnéticas.

Las suspensiones activas electrohidráulicas utilizan un sistema de bombeo central equipado con válvulas que regulan el flujo de aceite hacia el amortiguador. Si bien la fuerza que estos sistemas producen es favorable, la complejidad, los riesgos de fuga y la baja eficiencia limitan esta tecnología.

Las suspensiones activas electromagnéticas pueden utilizar motores eléctricos lineales o rotativos para convertir la potencia eléctrica en mecánica y viceversa. Así, pueden aplicar fuerza de amortiguamiento o actuación, proporcional a la corriente que circula en el embobinado del motor eléctrico.

Los sistemas de suspensión electromagnética lineales se encargan de convertir las oscilaciones verticales directamente en energía eléctrica. Por su parte, los sistemas rotativos utilizan mecanismos de transformación para convertir el movimiento vertical a rotativo. Las suspensiones lineales parecen más adecuadas al movimiento natural de la suspensión. Sin embargo, los sistemas rotativos son más compactos y pueden generar fuerzas mayores [5].

Los sistemas rotativos pueden dividirse en dos: los que utilizan elementos mecánicos para la transmisión de movimiento y los que emplean una transmisión hidrostática a través del acoplamiento directo entre una bomba

hidráulica y un pistón. Un sistema hidrostático no emplea válvulas, trayendo consigo ventajas de mayor eficiencia y menores dimensiones.

En la Tabla 1 se enlistan de forma cualitativa las principales características de las suspensiones hidráulicas y electromagnéticas.

Tanto la industria automotriz como centros de investigación han estado desarrollando trabajos sobre suspensiones electromagnéticas. Abdelkareem et al. [4] ofrecen un extenso estudio del estado del arte para suspensiones electromagnéticas. Asimismo, los autores de este artículo cuentan con experiencia y en el estudio de estos dispositivos [5], [6].

El uso de un motor eléctrico permite recuperar energía cuando éste amortigua, ya que opera como generador. Se ha demostrado que la potencia promedio recuperable oscila entre 100 y 400 W considerando un vehículo ligero transitando un camino de calidad promedio a 97 km/h [7]. Esto corresponde a un 3% de mejora en la eficiencia de combustible de acuerdo con los datos de BMW sobre energía utilizada en vehículos [4].

Aunque el impacto energético de 3% solo ha sido cuantificado en vehículos con motores de combustión interna, la capacidad de recuperar energía para usos alternativos mejora la sustentabilidad y eficiencia energética del vehículo. Para el caso de un vehículo eléctrico, la eficiencia energética se vuelve incluso de mayor importancia. La suma de estas ventajas energéticas con la posibilidad de controlar la firmeza de la suspensión hace que este tipo de sistemas se vuelvan atractivos para nuevos vehículos. El esquema de funcionamiento de este tipo de sistemas se muestra en la Figura 1.

Pese a sus ventajas, los sistemas de suspensión electromagnéticos presentan varios retos para su implementación y desarrollo. Uno de los principales problemas es el tamaño y peso de sus componentes, tomando en consideración el poco espacio entre el neumático y la carrocería.

Característica	Actuadores hidráulicos	Actuadores electromagnéticos
Densidad de fuerza	★ ★ ★	★
Funcionalidad como amortiguador	★ ★ ★	★ ★
Complejidad de implementación	★	★ ★ ★
Funcionalidad como amortiguador	★	★ ★ ★
Durabilidad	★ ★ ★	★ ★
Eficiencia	★	★ ★ ★
Impacto ambiental	★ ★ ★	★ ★
Costo de implementación	★ ★	★ ★ ★

Bajo = ★      Medio = ★ ★      Alto = ★ ★ ★

Tabla 1. Comparación de características para actuadores hidráulicos y electromagnéticos.



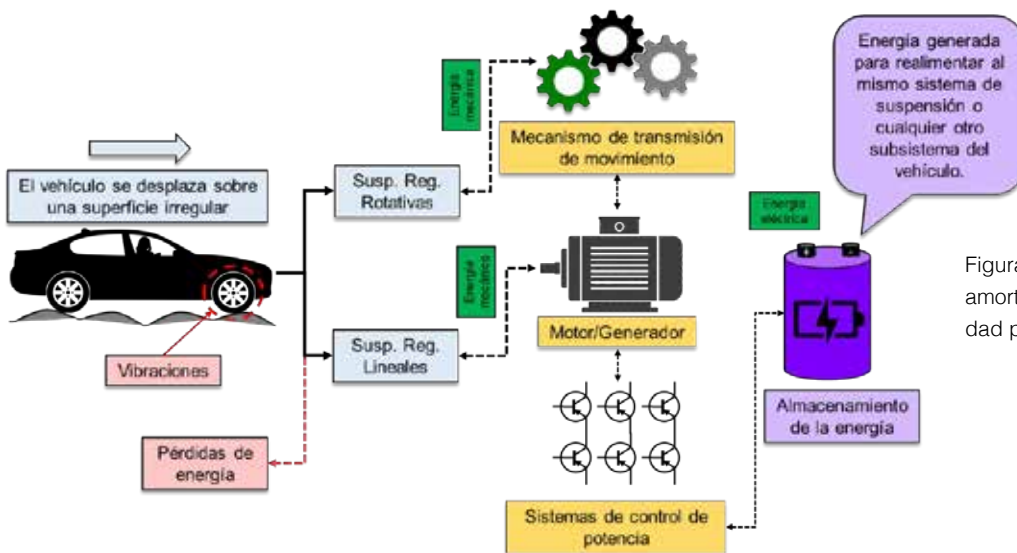



Figura 1. Estructura de funcionamiento de un amortiguador electromagnético con capacidad para recuperar energía.

Asimismo, la eficiencia de conversión energética en suspensiones electromagnéticas es variable y la cantidad de energía extraíble es limitada. Mejorar esta característica implica contar con sistemas de transmisión de movimiento más eficientes. Esta tarea introduce un dilema al aumentar la cantidad de energía recuperada y mitigar las oscilaciones para el vehículo. Priorizar cualquiera de las dos variables puede incidir de manera negativa en la otra [6].

Los modelos de suspensión utilizados para evaluar la regeneración de energía en simulaciones usualmente han sido simplificados. Por otra parte, pocos han sido los trabajos que demuestran la factibilidad del uso de estos dispositivos experimentalmente [4].

Podemos identificar tres principales áreas de oportunidad hacia el desarrollo e integración de suspensiones electromagnéticas en vehículos [8]: (i) reducción del tamaño y peso, (ii) mejora en la eficiencia de conversión energética y (iii) uso de modelos matemáticos adecuados para simulación y diseño. La solución de estos tres puntos podrá ayudar a brindar suspensiones para vehículos que mejoren la comodidad y seguridad del pasajero con un impacto energético positivo. 

## Referencias

- [1] G. Genta and L. Morello, *The Automotive Chassis: Volume 1: Components Design*. Cham: Springer International Publishing, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-35635-4.
- [2] E. Barredo-Hernández, "Amortiguadores regenerativos para sistemas de suspensión automotriz: Una revisión," vol. 19, no. 1, p. 21, 2022.
- [3] S. M. Savaresi, Ed., *Semi-active suspension control design for vehicles*. Amsterdam [u.a.]: Elsevier: Butterworth-Heinemann, 2010.
- [4] M. A. A. Abdelkareem et al., "Vibration energy harvesting in automotive suspension system: A detailed review," *Appl. Energy*, vol. 229, pp. 672–699, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.08.030.
- [5] R. Galluzzi, S. Circosta, N. Amati, and A. Tonoli, "Rotary regenerative shock absorbers for automotive suspensions," *Mechatronics*, vol. 77, p. 102580, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.mechatronics.2021.102580.
- [6] R. Galluzzi, Y. Xu, N. Amati, and A. Tonoli, "Optimized design and characterization of motor-pump unit for energy-regenerative shock absorbers," *Appl. Energy*, vol. 210, pp. 16–27, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.100.
- [7] L. Zuo and P.-S. Zhang, "Energy harvesting, ride comfort, and road handling of regenerative vehicle suspensions," *J. Vib. Acoust.*, vol. 135, no. 1, p. 011002, 2013.
- [8] A. Soliman and M. Kaldas, "Semi-active suspension systems from research to mass-market – A review," *J. Low Freq. Noise Vib. Act. Control*, vol. 40, no. 2, pp. 1005–1023, Jun. 2021, doi: 10.1177/1461348419876392.

## ANEXO

**Resumen:** Los sistemas de suspensión están directamente relacionados con la seguridad y confort de los pasajeros en un vehículo. En años recientes, se han desarrollado suspensiones controlables que, además de mejorar estas características de seguridad y confort, pueden aportar energía al vehículo. Este artículo explora las diferentes tecnologías de suspensiones, partiendo por soluciones convencionales, y evolucionando hacia las alternativas controlables. Finalmente se enfatiza la importancia de las suspensiones electromagnéticas desde una perspectiva energética. El lector podrá identificar las ventajas de dichos sistemas, así como los límites que impiden una adopción en masa de éstos.

### Importancia de investigación:

Este trabajo presenta avances en tecnologías para suspensiones vehiculares. Se enfatiza su importancia en términos de desempeño y eficiencia energética.

**Disciplina:** Ingeniería Mecatrónica.

**Área de aplicación:** Vehículos, plataformas móviles.

**Industria mayormente relacionada:** Automotriz.





# Transportando material radioactivo en el hospital

**Autores:** Ing. Ilse Aimee Kardasch Nava, Dr. José Rubén Fuentes Alvarez, M. en C. Alejandro Morfin Santana

**Correo electrónico:** ilse\_kardasch@exatec.tec.mx, joru.fua@tec.mx, alejandro.morfin@tec.mx

**Departamento:** Ingeniería Mecatrónica.

**Grupo de enfoque (investigación):** Robótica asistencial en ambientes médicos

**Escuela:** Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Ciudad de México, México.

**Palabras clave (Hashtags):** #RoboticaAsistencial #RobóticaHospitalaria #NavegaciónAutónoma #MedicinaNuclear

Cuando nos encontramos en una calle desconocida y queremos llegar a un lugar, buscamos puntos de referencia para ubicarnos (tales como semáforos, tiendas, el nombre de las calles o avenidas, entre otros); este mismo procedimiento lo necesita hacer un robot. Así, cuando ellos van reconociendo el lugar también van creando un mapa y, posteriormente, con ayuda de un algoritmo de navegación irán de un sitio a otro con el fin de ayudar a realizar tareas repetitivas o inclusive peligrosas [1]. Una definición formal sobre un robot asistencial es la que provee la Organización Internacional de Normalización (ISO), la cual indica que es “un robot que realiza una tarea útil para los humanos o equipos, excluyendo las aplicaciones de la industria de automatización” [2], es decir, que no incluye a los robots usados para ensamblar partes o que comúnmente se encuentran en las líneas de producción.

En el caso de los hospitales, los robots son usados para el transporte o manipulación de materiales (medicamentos, ropa hospitalaria o desperdicios) para que con ello el personal pueda enfocarse en otras actividades [3]. Por ejemplo, el Hospital Universitario de Zealand en Dinamarca emplea robots móviles llamados MiR100 para automatizar el transporte interno de equipo médico estéril y permitir a los operadores ahorrar tiempo en los viajes largos y, a su vez, garantizar el suministro constante de materiales esterilizados a los departamentos que lo necesitan [4]. También en diversos hospitales en Texas, Estados Unidos, se usa el robot Moxi de la compañía Diligent Robotics para tomar objetos con su brazo robótico y llevarlos a las enfermeras [4]. Otro ejemplo es el Hospital Universitario Aalborg en Dinamarca que usa dos robots de la corporación KUKA, uno para abrir cajas y otro para clasificar diariamente hasta 3000 muestras sanguíneas [4].

En México, alumnos y profesores del Tecnológico de Monterrey en colaboración con el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) realizaron la propuesta de desarrollar un robot de bajo costo que pudiera transportar yodo radioactivo (I-131), un radioisótopo principalmente usado para el tratamiento de afecciones de la glándula tiroidea [5]. El proto-



**CAUTION**



**RADIATION  
HAZARD**

tipo del robot se muestra en la figura 1 y consta de una base móvil de aluminio con un espacio para colocar un contenedor blindado con plomo. Se planea que el robot navegue por el mapa del departamento de medicina nuclear del INCMNSZ, cuyo diagrama realizado en el programa de diseño SOLIDWORKS se muestra en la figura 2.

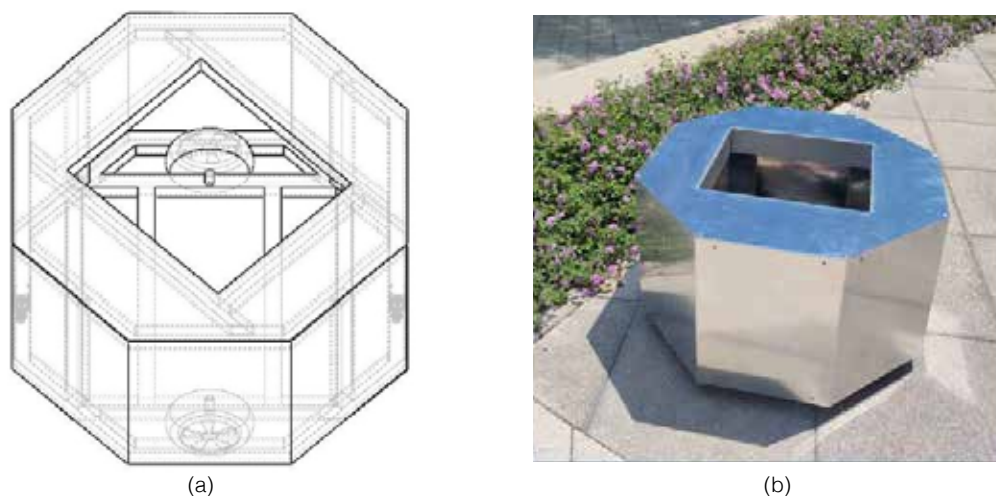


Figura 1. Diseño del pre-prototipo robótico.

(a) Muestra el diseño estructural en un software de diseño asistido por computadora, mientras que en (b) se observa el pre-prototipo sin la estructura recubierta con plomo.

Los tres componentes más importantes que necesita el robot, para saber dónde se encuentra y a dónde quiere ir, son el sensor óptico LiDAR - cuyo acrónimo en inglés significa Light Detection and Ranging -, una tarjeta Raspberry Pi 4 para procesar la información y los algoritmos de localización, mapeo y navegación. La localización y el mapeo se hacen simultáneamente por medio del algoritmo de SLAM - cuyas siglas en inglés significan Simultaneous Localization and Mapping -, el cual consiste en que, a partir de un punto arbitrario el robot va detectando con los sensores el lugar y qué objetos o puntos de referencia se tienen y, conforme se va desplazando, almacena esa información para construir al mismo tiempo un mapa del lugar [6]. Aunque existen diferentes algoritmos de SLAM, se implementó mediante el software ROS [7], cuyas siglas en inglés significan Robot Operating System, el algoritmo Hector SLAM [8]. Dentro de sus ventajas se destacan su precisión, uso de pocos recursos computacionales, alto procesamiento de información y ser un programa basado en la obtención de datos por medio del sensor LiDAR [8]; sin embargo, la desventaja principal es que puede realizar un escaneo inadecuado si el robot navega a altas velocidades [9]. De acuerdo con [10] que compara a los algoritmos Hector SLAM con Gmapping [11] - el algoritmo de ROS más usado [12] -, Hector SLAM hace la mejor aproximación topológica del mapa pero no logra generar tan buenos resultados al reconstruir las esquinas de un salón de clases (ambiente

cerrado). Para uno de los salones evaluados en este artículo, se obtuvo una métrica de diferencia de longitud de los lados del mapa de 40.94 para el Hector SLAM y de 50.053 para el Gmapping [10]. En cuanto a la métrica que evalúa la posición de confrontación de las esquinas del mapa generado por el robot y el mapa real del lugar, se encontró que el valor de Hector SLAM fue de 222.83 mientras que para Gmapping fue de 301.82 [10]. Al tomar en consideración los resultados obtenidos por [10] y las ventajas propuestas por [8] se concluyó usar el algoritmo de Hector SLAM puesto que el robot se moverá a bajas velocidades y navegará en medio del pasillo y no cerca de los bordes del departamento de medicina nuclear.

Por otro lado, para la navegación se usó el algoritmo Adaptive Monte Carlo Localization o AMCL, el cual sirve para la planeación y navegación terrestre [13] y para determinar, mediante probabilidades, si el robot puede pasar por un camino en su ruta, a pesar de que haya objetos, o si debe encontrar otra trayectoria [14]. Regresando a la analogía sobre estar en una calle desconocida, el algoritmo de SLAM sería equivalente a ir caminando por las distintas calles por primera vez para que uno se pueda ubicar y conocer el lugar, y el algoritmo AMCL sería equivalente a ya saber el punto exacto en dónde estamos y a partir de ese punto poder llegar al destino deseado.



Figura 2. Mapa del departamento de medicina nuclear del hospital. a) Vista superior. b) Vista lateral.

La trayectoria que realiza el robot comienza en el cuarto que almacena los materiales radiactivos, entre ellos el I-131, y termina en el mismo lugar. El robot se moverá a lo largo de un pasillo para llegar a la zona donde se prepara al paciente y se le da su tratamiento y posteriormente regresará al almacén. En la figura 2 se muestra cómo el robot empieza a reconocer algunas paredes del hospital y mapea dicho espacio con el algoritmo de Hector SLAM. Por otro lado, la figura 3 es el resultado de todo el mapa del departamento de medicina nuclear por el que se moverá el robot. Finalmente, la figura 4 presenta la ruta que navegará la plataforma móvil, que comienza del punto A para ir al B, después del B al C, del C al D, del D al E y de E a A.

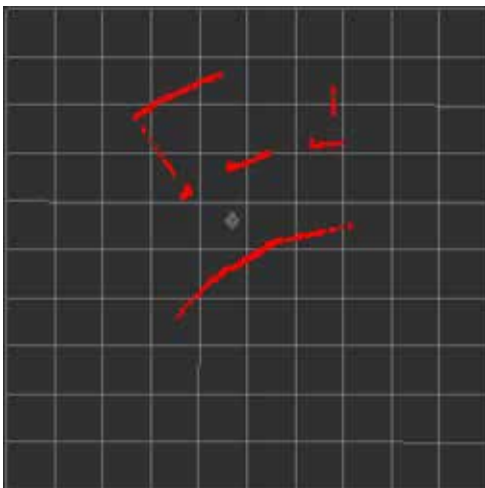


Figura 3. El robot comienza a localizarse dentro del área del Departamento de Medicina Nuclear del INCMNSZ.

El principal beneficio que trae este proyecto, además de la optimización del tiempo para que los trabajadores del hospital puedan hacer otras actividades laborales, es la reducción de la dosis de radiación recibida por el personal ocupacionalmente expuesto (POE) que aunque en la actualidad es mínima, puede ser aún menor al ya no estar en contacto directo con el yodo radiactivo durante el traslado de este radioisótopo. <sup>g</sup>

## Referencias

- [1] Ñique, V. A. (2011). Análisis sobre la difusión de la Robótica Industrial en Latinoamérica. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial, 1-4.
- [2] Fandiño, F. (2020). Robots móviles en los hospitales: un valioso apoyo para los médicos y profesionales de la salud. mayo 7, 2021, de IM Médico Sitio web: <https://www.immedicohospitalario.es/noticia/19113/robots-moviles-en-los-hospitales-un-valioso-apoyo-para-los-medicos.html>

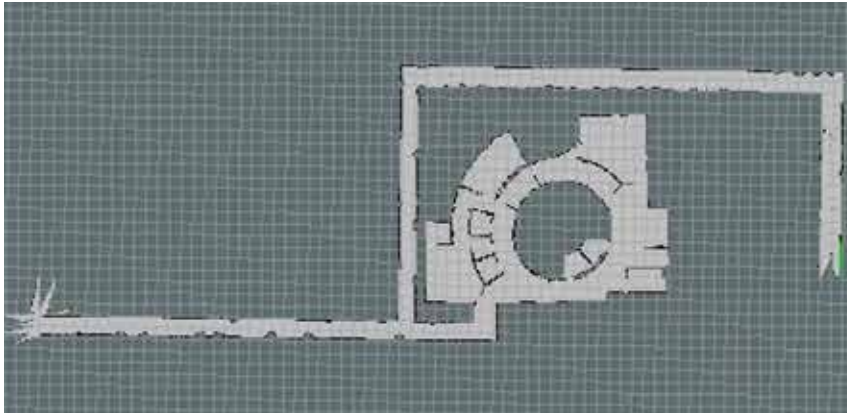


Figura 4. Mapeo del área de interés.

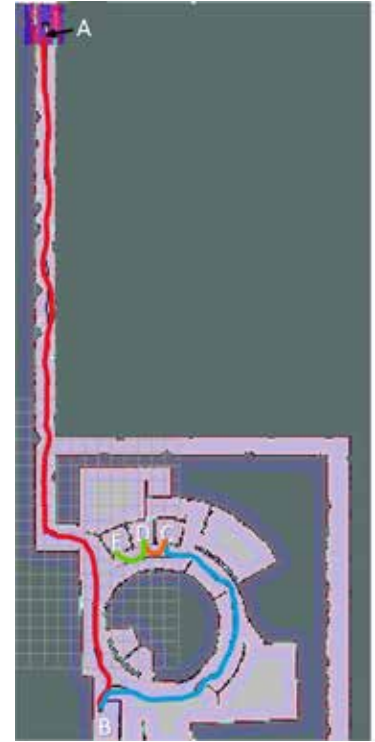


Figura 5. Ruta de navegación hecha por el robot.

- [3] International Standardization Organization. (2014). Vocabulary. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en:term:2.10>
- [4] Holland, J., Kingston, L., McCarthy, C., Armstrong, E., O'Dwyer, P., Merz, F., & McConnell, M. (2021). Service robots in the healthcare sector. *Robotics*, 10(1), 47.
- [5] Medina-Ornelas, S., García-Pérez, F., & Granados-García, M. (2018). Impacto de la medicina nuclear en el diagnóstico y tratamiento del cáncer diferenciado de tiroides. *Gaceta medica de Mexico*, 154(4), 509-519.
- [6] Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R., & Scaramuzza, D. (2011). *Introduction to autonomous mobile robots*. MIT press, 348-349.
- [7] Open Robotics. (2021). ROS - Robot Operating System. Recuperado de: <https://www.ros.org/>
- [8] Open Robotics. (2021). Hector\_mapping. De Open Robotics. Recuperado de: [http://wiki.ros.org/hector\\_mapping](http://wiki.ros.org/hector_mapping)
- [9] S. Kohlbrecher, O. von Stryk, J. Meyer and U. Klingauf. (2011). A flexible and scalable SLAM system with full 3D motion estimation. 2011 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics, pp. 155-160, doi: 10.1109/SSRR.2011.6106777.
- [10] Rojas-Fernandez, M., Mújica-Vargas, D., Matuz-Cruz, M., & Lopez-Borreguero, D. (2018). Performance comparison of 2D SLAM techniques available in ROS using a differential drive robot. 2018 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CO-NIELECOMP), 50-58.
- [11] Open Robotics. (2019). gmapping. De Open Robotics. Recuperado de: <http://wiki.ros.org/gmapping>
- [12] Sivý, Radovan & Perdukova, Daniela. (2016). Verification of Slam Methods on Ros Platform. *Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava, Mechanical Series*. 62. 59-66. 10.22223/tr.2016-1/2011.
- [13] Open Robotics. (2021). amcl. De Open Robotics. Recuperado de: <http://wiki.ros.org/amcl>
- [14] Fox, D., Burgard, W., Dellaert, F., & Thrun, S. (1999). Monte carlo localization: Efficient position estimation for mobile robots. *AAAI/IAAI*, 1999(343-349), 2-2.

## ANEXO

**Resumen:** Los robots asistenciales pueden usarse en la clínica para simplificar procesos que realiza el personal. En este trabajo se presenta la propuesta de un algoritmo de navegación autónoma para dotar a un robot con la capacidad de transportar material radiactivo dentro de las instalaciones del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), con la finalidad de reducir la dosis de radiación recibida por el Personal Ocupacional Expuesto (POE) del área de Medicina Nuclear. La propuesta contempla el uso de un sensor LiDAR, así como algoritmos de SLAM y navegación.







# Exoesqueletos, la robótica que abraza a los humanos

**Autores:** Dr. Yukio Rosales Luengas, Dr. Jesús Ricardo López Gutiérrez

**Correo Electrónico:** yrosales@cinvestav.mx,  
jesusl.lopez@cinvestav.mx

**Departamento:** Laboratorio Franco Mexicano de Informática y Automática

**Escuela:** Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Mexico

**Palabras Clave:** #Exoesqueletos #Robótica #Rehabilitación #Industria

**C**on un incremento mundial de la población que envejece, los malos hábitos cotidianos, el aumento de las enfermedades musculoesqueléticas relacionadas con el trabajo [1] y la proliferación de enfermedades de tipo neuromuscular degenerativas como la atrofia muscular espinal [2], la población de personas con trastornos del movimiento de las extremidades causados por un accidente cerebrovascular o enfermedad está creciendo rápidamente. Las personas que sobreviven a estos eventos tienen altas tasas de discapacidad [3] y para su recuperación se enfrentan a un tratamiento farmacológico seguido de un entrenamiento de rehabilitación. La terapia de rehabilitación tradicional es llevada a cabo por uno o varios fisioterapeutas que tienen contacto directo y prolongado con el paciente para ayudarlo a realizar movimientos repetidos de las extremidades. Estos movimientos son, muchas veces, difíciles y demasiado cansados de llevar a cabo, motivo por el cual la terapia es poco eficiente y el tratamiento costoso. Es por esto por lo que los exoesqueletos, u órtesis actuadas, han llamado la atención de los investigadores alrededor del mundo; con el uso de exoesqueletos de rehabilitación se puede hacer que el tratamiento de rehabilitación sea más accesible, más eficiente y se libera a los fisioterapeutas de cargas de trabajo pesadas.

Las áreas de aplicación de los exoesqueletos son muchas y muy variadas; en este sentido, se pueden clasificar en tres



grandes categorías. La primera categoría son los exoesqueletos de aumento de capacidades humanas, los cuales se enfocan en incrementar la fuerza y la resistencia de los usuarios, lo que les permite realizar tareas peligrosas o que no pueden realizar eficientemente por sí mismos, reduciendo sus costos metabólicos y disminuyendo la fatiga (Figura. 1). Los exoesqueletos en esta categoría identifican la intención del usuario y mediante la transmisión de potencia mecánica ayudan al humano a soportar grandes pesos, completar largos viajes, moverse más rápidamente o mejorar algún aspecto específico de una tarea. Este tipo de exoesqueletos se utilizan principalmente en las áreas militares e industriales [4]. Dentro de esta categoría, se pueden clasificar en activos o pasivos, según el tipo de actuadores que utilicen: un exoesqueleto activo utiliza dispositivos que generan potencia mecánica, como motores eléctricos o músculos neumáticos, mientras que un exoesqueleto pasivo utiliza resortes y amortiguadores, y se basa en la transferencia de energía de una fase del movimiento a una fase posterior o de una articulación a otra [5].



Figura. 1. Exoesqueleto de aumento de fuerza, desarrollado para aplicaciones industriales. CINVESTAV, CDMX.

La segunda categoría son los exoesqueletos de asistencia, los cuales se utilizan para ayudar a pacientes ancia-

nos o que, por algún motivo, tienen movilidad reducida o no pueden moverse por sí mismos [6]. Estos exoesqueletos brindan potencia mecánica suficiente para sustituir la función motora de los pacientes, o bien para completarla, regresando a los usuarios la capacidad de realizar sus actividades cotidianas de manera normal. Dentro de este grupo también se encuentran los bipedestadores móviles (Figura. 2), los cuales se encargan sólo de poner de pie a los pacientes y trasladarlos en una plataforma móvil a través de un ambiente doméstico. El sólo hecho de estar de pie trae muchos beneficios a este tipo de pacientes.



Figura. 2. Exoesqueleto bipedestador móvil, CINVESTAV, CDMX

La tercera categoría son los exoesqueletos de rehabilitación [7]. Estos, como se mencionó anteriormente, asisten a los pacientes en las terapias de rehabilitación, mejorando la eficiencia de esta y acelerándola, de manera que el paciente pueda recuperar su movilidad lo antes posible (Figura. 3). Dentro de esta categoría, se pueden clasificar de varias formas. Por ejemplo, se clasifican en exoesqueletos de miembro superior e inferior, según la extremidad que rehabilitan. Por otro lado, se pueden clasificar en exotrajés y exoesqueletos rígidos. Los exotrajés son suaves, ligeros, compactos, flexibles y fabricados de textiles, generalmente manejados a través de cables, mientras que los exoesqueletos rígidos son más pesados y están fabricados en materiales rígidos como aluminio o tubos de fibra de carbono. Se pueden clasificar también en exoesqueletos de rehabilitación pasiva y de rehabilitación activa: los primeros se encargan de mover la extremidad del paciente realizando ejercicios mientras la extremidad se queda completamente floja, se usan en

etapas tempranas de la rehabilitación y para prevenir atrofia muscular [8]; los exoesqueletos de rehabilitación activa requieren de la participación del paciente para llevar a cabo los ejercicios, con la ayuda de distintos sensores detectan e identifican la intención del paciente de realizar el movimiento y el exoesqueleto apoya al paciente para completarlo. Este apoyo puede variar, empezando por aportar casi toda la fuerza para ejecutar el movimiento y disminuyéndolo gradualmente, conforme evoluciona el paciente.



Figura. 3. Exoesqueleto de rehabilitación de marcha sobre caminadora, CINVESTAV, CDMX

La seguridad de los usuarios es un tema primordial cuando se trata de exoesqueletos, ya que pocas son las situaciones en las que existe una unión tan íntima entre un usuario y un robot, puesto que literalmente el usuario está dentro del robot y cualquier falla puede lesionarlo. Por lo tanto, realizar pruebas de seguridad en el exoesqueleto para garantizar la seguridad de los usuarios es completamente esencial. Actualmente la investigación sobre exoesqueletos, no solo de rehabilitación, está en aumento tanto en el país como en el extranjero. Estas investigaciones están enfocadas en diversos temas, entre los que destacan el control, la morfología, la eficiencia y el rendimiento de la seguridad. Entender cómo el uso de los exoesqueletos beneficia a la sociedad en general, es importante porque es muy probable que estas tecnologías se incorporen, en un futuro cercano, a nuestra vida diaria. §

## Referencias

- [1] Fritzsche, L.; Wegge, J.; Schmauder, M.; Kliegel, M.; Schmidt, K.-H. Good ergonomics and team diversity reduce absenteeism and errors in car manufacturing. *Ergonomics* 2014, 57, 148–161.
- [2] Wang, C. H., Finkel, R. S., Bertini, E. S., Schroth, M., Simonds, A., Wong, B., ... Trela, A. (2007). Consensus statement for standard of Care in Spinal Muscular Atrophy. *Journal of Child Neurology*, 22(8), 1027–1049.
- [3] Rana, J.S.; Khan, S.S.; Lloyd-Jones, D.M.; Sidney, S. Changes in Mortality in Top 10 Causes of Death from 2011 to 2018. *J. Gen. Intern. Med.* 2020, 36, 2517–2518.
- [4] Y. Sankai; HAL: Hybrid Assistive Limb Based on Cybernetics; in: *Robotics Research - The 13th International Symposium; ISRR*; 2010; pp. 25-34.
- [5] R. Nasiri, A. Ahmadi, and M. N. Ahmadabadi, "Reducing the energy cost of human running using an unpowered exoskeleton," *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 26, no. 10, pp. 2026–2032, Oct. 2018
- [6] F. Chen; Y. Yu; Y. Ge; Y. Fang; WPAL for human power assist during walking using dynamic equation; in: *2009 International Conference on Mechatronics and Automation; IEEE*; 2009; pp. 1039-1043.
- [7] S. K. Banala; S. H. Kim; S. K. Agrawal; J. P. Scholz; Robot assisted gait training with active leg exoskeleton (ALEX); *IEEE T. Neur. Sys. Reh.* 17(1) (2009) 2-8.
- [8] Q. Wu, X. Wang, F. Du, and Q. Zhu, "Fuzzy sliding mode control of an upper limb exoskeleton for robot-assisted rehabilitation," in *Proc. IEEE Int. Symp. Med. Meas. Appl. (MeMeA)*, May 2015, pp. 451456.

## ANEXO

**Resumen:** Los exoesqueletos son un tipo de robot “vestible”, estos sistemas deben ser portados por el usuario y, por lo tanto, su diseño debe considerar la biomecánica de las articulaciones del cuerpo humano para realizar diferentes actividades, que pueden ir desde incrementar hasta auxiliar sus movimientos. En este artículo presentamos una clasificación de diferentes tipos de exoesqueletos, destacando los aplicados a la rehabilitación, y la importancia de seguir aportando en esta línea de investigación.

### Importancia de investigación:

Es importante entender la función y uso de los exoesqueletos porque es una tecnología que día a día nos rodea cada vez más.

### Disciplina:

**Área de aplicación:** Rehabilitación, industria, milicia, robots domésticos.

**Industria mayormente relacionada:** Rehabilitación



# Tecnología de seguimiento ocular usando videoculografía y sus aplicaciones.

**Autores:** Dr. Mario Rojas Hernández, Dr. David Christopher Balderas Silva, Dr. Javier Maldonado Romo, Dr. Luis Arturo Montesinos Silva

**Correo electrónico:** mario.rojas@tec.mx, dc.balderassilva@tec.mx, javiermr@tec.mx, lmontesinos@tecmx.onmicrosoft.com

**Instituto:** Institute of Advanced Materials for Sustainable Manufacturing

**Unidad de investigación:** Enabling Technologies for the Development of Advanced Materials

**Escuela:** Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Ciudad de México, México.

**Palabras clave:** #seguimiento ocular #movimientos #detección #diagnóstico

Existe una fuerte motivación para saber hacia dónde y por cuánto tiempo miramos, pues se involucran distintos procesos cognitivos relacionados con la memoria, el lenguaje y la toma de decisiones. Los ojos reflejan procesos mentales y de comportamiento que pueden servir para diversas áreas de estudio [1]. Particularmente, existen desórdenes neurodegenerativos que son acompañados por alteraciones oculomotoras, de modo que un análisis preciso de los ojos ayudaría a detectar problemas del sistema nervioso como síndromes parkinsonianos, esclerosis lateral amiotrófica, enfermedad de Huntington, Alzheimer, encefalopatía hepática mínima, entre otros [2]. Otras métricas del ojo proveen información relevante a procesos cognitivos y perceptuales de importancia para médicos y educadores [3]. En manufactura, se ha usado la información del movimiento de los ojos y la dirección de la mirada en respuesta a estímulos para estudiar el comportamiento de los trabajadores y sus reacciones relacionadas con la toma de decisiones durante sus tareas, buscando medir su desempeño o carga mental de trabajo. En mercadotecnia se usa el seguimiento ocular para interpretar cómo los clientes perciben un producto o deciden comprarlo por la información de la etiqueta, además para desarrollar estudios de calidad [4]. Finalmente, existe un gran campo de aplicación en interfaces humano-máquina que busca facilitar a las personas la interacción con computadoras, dispositivos electrónicos, tecnologías de asistencia o robots. Por ejemplo, en [5] se presenta un sistema de control ocular para una computadora, con la finalidad que un usuario con discapacidad motora sea capaz de navegar en internet, leer libros electrónicos, escribir documentos, mandar e-mails y mensajes de texto, dibujar y controlar su televisión.

Los movimientos de los ojos se pueden clasificar como fijaciones y sacadas [6]: una fijación es el lapso de tiempo en el que los ojos se encuentran fijos en un objetivo mientras toman información, mientras que las sacadas son movimientos rápidos que hace el ojo de un lugar a otro, tal como se ilustra en la Figura 1.



Figura 1. Las fijaciones son los periodos de tiempo cuando el ojo centra su atención en un punto de interés y las sacadas son los movimientos rápidos que hace para enfocarse en otro (indicados con flechas en la imagen). En un texto, las fijaciones se hacen en una misma dirección y con una amplitud fija.

Se han explorado diversos métodos de seguimiento ocular para obtener los movimientos y la posición de la pupila [1], sin embargo algunos pueden ser incómodos o invasivos para el usuario. Afortunadamente, se han desarrollado técnicas basadas en video que utilizan una o múltiples cámaras para obtener imágenes de los ojos. Estas imágenes son procesadas por algoritmos de Inteligencia Artificial para determinar los parámetros descritos con un alto grado de precisión y exactitud. El uso de videoculografía busca ser un método menos invasivo [7] y permite integrarse en dispositivos que proporcionan distintos grados de libertad y comodidad al usuario, tal como se muestra en las configuraciones de la Figura 2.

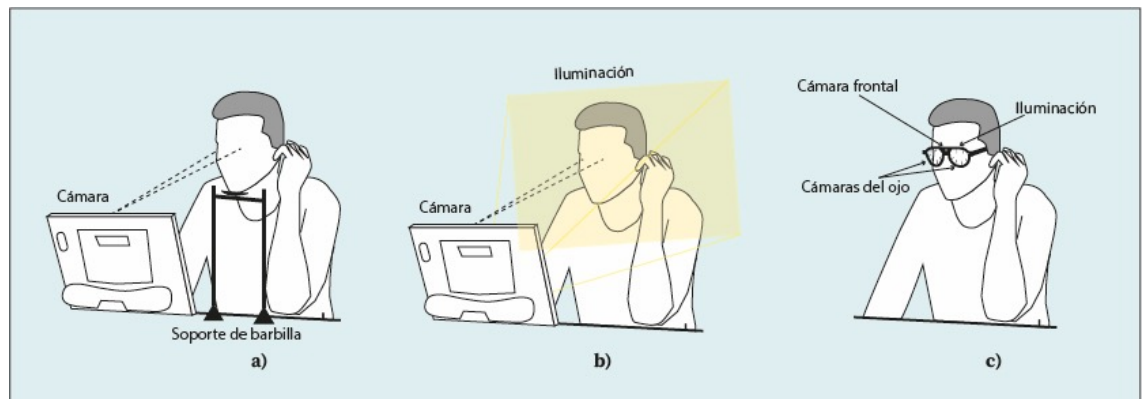


Figura 2. Distintas configuraciones de seguimiento ocular: a) Cámara fija y soporte para mantener la cabeza. b) Cámara fija e iluminación infrarroja c) dispositivo portable sin restricciones de movimiento.



Algunas aplicaciones de seguimiento ocular requieren un nivel de movilidad que los sistemas con cámaras fijas no pueden ofrecer. Afortunadamente se han desarrollado sistemas que brindan portabilidad y libertad de movimiento, tal como los lentes para seguimiento ocular [8]. Estos dispositivos integran diminutas cámaras en los armazones para capturar imágenes binoculares. Adicionalmente, hay tecnologías que integran servicios de cómputo en la nube para almacenar datos o hacer procesamiento en línea. Entre estos sistemas comerciales encontramos los Tobii Pro Glasses 3 presentados en la Figura 3, Pupil invisible, SMI Eye tracking glasses, entre otros.



Figura 3. Lentes inteligentes Tobii Pro Glasses 3.

Imagen tomada de: <https://www.tobii.com/products/eye-trackers/wearables/tobii-pro-glasses-3>

En el Tecnológico de Monterrey se está desarrollando un prototipo de seguimiento visual por videooculografía utilizando lentes impresos en 3D y hardware de bajo costo, además de un modelo para estimación de movimiento usando redes neuronales convolucionales desarrollado en código abierto (TensorFlow). Este prototipo busca utilizarse para controlar una silla de ruedas inteligente, de modo que permita a usuarios con discapacidad severa desplazarse usando los movimientos del ojo como un control manos-libres como se muestra en la Figura 4.

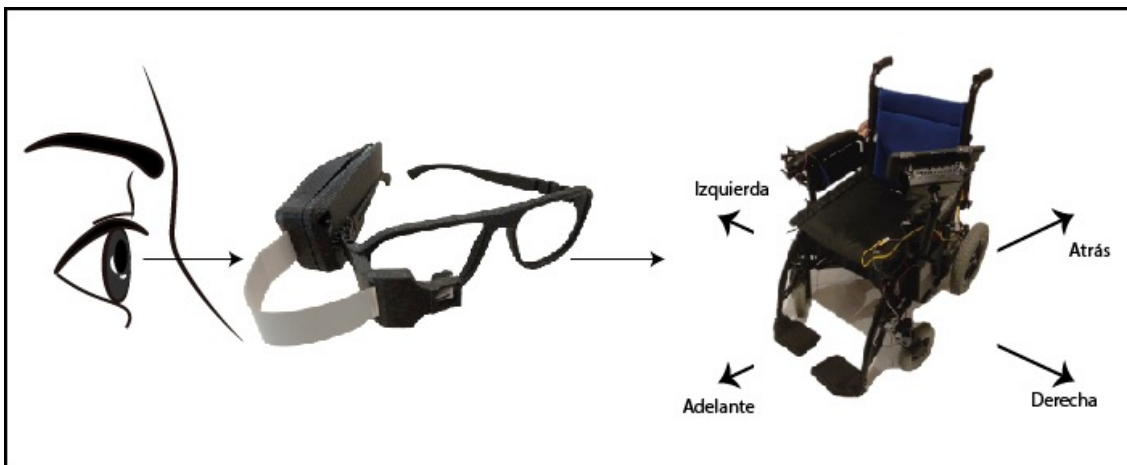



Figura 4. Prototipo de lentes de seguimiento ocular desarrollado para control de una silla de ruedas inteligente.

Está claro que el seguimiento ocular basado en sistemas de video tiene un futuro prometedor, pues sus aplicaciones son diversas. Sin embargo, esta tecnología aún está en desarrollo y todavía busca cumplir más requerimientos del usuario para ser utilizada ampliamente. 

## Referencias

- [1] A. F. Klaib, N. O. Alsrehin, W. Y. Melhem, H. O. Bashtawi, y A. A. Magableh, «Eye tracking algorithms, techniques, tools, and applications with an emphasis on machine learning and Internet of Things technologies», *Expert Systems with Applications*, vol. 166, p. 114037, mar. 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2020.114037.
- [2] H. Bao, W. Fang, B. Guo, y J. Wang, «Real-time wide-view eye tracking based on resolving the spatial depth», *Multimed Tools Appl*, vol. 78, n.o 11, pp. 14633-14655, jun. 2019, doi: 10.1007/s11042-018-6754-2.
- [3] T. T. Brunyé, T. Drew, D. L. Weaver, y J. G. Elmore, «A review of eye tracking for understanding and improving diagnostic interpretation», *Cognitive Research: Principles and Implications*, vol. 4, n.o 1, p. 7, feb. 2019, doi: 10.1186/s41235-019-0159-2.
- [4] L. Song et al., «Ecolabel's role in informing sustainable consumption: A naturalistic decision making study using eye tracking glasses», *Journal of Cleaner Production*, vol. 218, pp. 685-695, may 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.283.
- [5] P. Blignaut, «Development of a gaze-controlled support system for a person in an advanced stage of multiple sclerosis: a case study», *Univ Access Inf Soc*, vol. 16, n.o 4, pp. 1003-1016, nov. 2017, doi: 10.1007/s10209-016-0493-9.
- [6] B. T. Carter y S. G. Luke, «Best practices in eye tracking research», *International Journal of Psychophysiology*, vol. 155, pp. 49-62, sep. 2020, doi: 10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010.
- [7] A. J. Larrazabal, C. E. García Cena, y C. E. Martínez, «Video-oculography eye tracking towards clinical applications: A review», *Computers in Biology and Medicine*, vol. 108, pp. 57-66, may 2019, doi: 10.1016/j.combiomed.2019.03.025.
- [8] C. Jongerius et al., «Eye-tracking glasses in face-to-face interactions: Manual versus automated assessment of areas-of-interest», *Behav Res*, vol. 53, n.o 5, pp. 2037-2048, oct. 2021, doi: 10.3758/s13428-021-01544-2.

## Anexo

**Resumen:** La videoculografía es una técnica novedosa para la detección de los movimientos oculares. Esta basada en cámaras que capturan imágenes de los ojos del usuario para ser procesadas por algoritmos de inteligencia artificial. La información de los movimientos identificados se utiliza en aplicaciones tales como publicidad, medicina, psicología e interfaces humano-máquina. El uso de cámaras de video permite que el seguimiento ocular sea menos invasivo comparado con otras técnicas y que se pueda integrar esta tecnología en dispositivos portables como lentes inteligentes.

### Importancia de investigación:

La lectura y decodificación del pensamiento a través de las interfaces cerebro computadora puede ser utilizada en la industria médica e ingenieril para optimizar y simplificar diversas tareas y aplicaciones. El uso de dispositivos para seguimiento ocular es relativamente nuevo, sin embargo impacta en diversas áreas de aplicación. Una de ellas es en el apoyo para niños y personas adultas, que debido a impedimentos físicos encuentran dificultades para interactuar con computadoras o dispositivos electrónicos. Usando dispositivos de detección de movimientos oculares se puede usar la computadora para escribir correos, mensajes de texto, manejar redes sociales, jugar videojuegos; así mismo, se pueden controlar aparatos electrónicos de uso cotidiano tales como la televisión, aire acondicionado, seguros de puertas y luces en casa. El uso de esta tecnología permite a las personas con discapacidad recuperar algo de independencia, es por ello que se busca su difusión y desarrollo en países como México, donde su precio actual es muy elevado.

**Disciplina:** Ingeniería y Ciencias.

**Área:** Ingeniería, medicina, psicología, marketing, computación, manufactura.

**Industria:** Médica, dispositivos inteligentes, ingeniería de control, control de procesos.

# STATA®

*Software de confianza. Análisis precisos. Resultados probados.*

# La ciencia de datos, más fácil



Rápido. Preciso. Fácil de usar. Stata es un paquete de software completo e integrado que proporciona todas las necesidades de la ciencia de los datos —manipulación de datos, visualización, estadística e informes automatizados.



# Entrevista con Jacques Laeuffer

**Profesor Afiliado en ENSTA Paris (Instituto Politécnico de París)**

**Tiene 40 años de experiencia en I+D en el área de electrónica de potencia en empresas internacionales.**

**Sus intereses de investigación son convertidores de retroceso (flyback), fuentes conmutadas, convertidores resonantes de alta frecuencia (80 kW), transformadores de alto voltaje (150 kV), implementación y filtros EMC, máquinas eléctricas y automóviles híbridos.**

**Es consultor de proyectos, incluyendo topologías, diseño, propiedad industrial, revisiones de esquemas e implementaciones, puesta en marcha de prototipos, operación, puesta a punto y soporte en campo. Inventor de 27 patentes y autor de 80 publicaciones científicas.**

*Por: Luis Ibarra*

**Acreditado para dirigir la investigación por la Universidad de la Sorbona, es Profesor Afiliado en ENSTA Paris (Instituto Politécnico de París), imparte también cursos en Centrale Supélec (Universidad de París-Orsay), Tutoriales en PCIM (Nuremberg), para educación continua, y sobre “Experiencia e Innovación”.**

Actualmente existe un gran empuje para electrificar vehículos. De hecho, Cadillac, Mercedes-Benz, Jaguar, Stellantis (Chrysler, Fiat, Peugeot, Citroen), Audi & Volkswagen, entre otros, han anunciado que dejarán de producir motores de combustión interna en el futuro próximo. En este contexto, consultamos con el profesor Laeuffer acerca de esta tendencia.

**Luis Ibarra:** Profesor Laeuffer, la electrificación de los medios de transporte parece inminente. ¿Cuál cree usted que sea la principal razón para abandonar una tecnología madura como los motores de combustión interna?

**Laeuffer:** Primero hay que entender lo que significa “electrificación”. Por ejemplo, hace algunos años, se hablaba de “avión eléctrico”, pero después de “avión más eléctrico”, que no es lo mismo; mucho más razonable. Por otro lado, los ferrocarriles fueron electrificados desde más de cien años.

Hoy en occidente se habla de “coche eléctrico” mientras en Japón hablan de “coche híbrido”; y no solo hablan, sino que lo llevan a cabo. Así, Toyota es uno de los cuatro primeros constructores de automóviles en el mundo, y la gran mayoría de los coches que vende en países desarrollados son híbridos: millones cada año. Con estos coches, la electrificación no es una alternativa a la combustión interna sino lo contrario: un complemento para optimizar, reducir el consumo y hacer muy limpia la combustión interna; mejorar su madurez.

¿Por qué abandonar la combustión interna? Bien, todavía no es abandonada, pero hay una voluntad afirmada – en occidente – en esa dirección como si fuera definitiva. Hace algunos años, parecía obligatorio decir que el único futuro del automóvil era la celda de combustible... incluso, GM invirtió miles de millones en esta tecnología.

Recuerdo un profesor de universidad en derecho diciendo. “¡Puaj, he visto a un camión haciendo un humo negro de dióxido de carbono!” - Pero el dióxido de carbono es un gas incoloro... Más serio: los japoneses desarrollaron el coche híbrido, primero, para reducir el mal olor en ciudades, y el dióxido de carbono es un gas sin ningún olor... Entonces, el dióxido de carbono no era el motivo principal para impulsar la electrificación en ciudades.

¿Por qué abandonar la combustión interna? Dice un reporte de cinco mil páginas: “en contra del cambio climático”. Pero nadie lee cinco mil páginas; quizás se recopiló mucha información, pero difícilmente iba a ser accesible a la gente.

**Luis Ibarra:** Algunos detractores de la electrificación argumentan que los vehículos eléctricos podrían ser, incluso, más contaminantes que los tradicionales. ¿Es cierto?

**Laeuffer:** ¿Qué es un “vehículo eléctrico”?

- > Los coches híbridos incluyen un motor de combustión interna y al menos un motor eléctrico dedicados a la tracción del vehículo, haciéndolos vehículos *electro-combustibles*.
- > Otros vehículos incluyen un motor eléctrico, y ningún motor de combustión interna. En ese caso, la fuente de energía no puede ser gasolina o gasóleo. Hoy la fuente de energía es una batería electroquímica. Así pues, son coches *electroquímicos*.

“Electricidad” en el sentido común es la propagación de una energía electromagnética sobre una línea eléctrica. Se trata de una *propagación* de energía, y no de una *fuentes* de energía. Y lo más difícil desde un punto de vista ecológico es la fuente de energía a bordo del vehículo. Por ejemplo, los fenómenos electroquímicos tienen una influencia negativa sobre los organismos vivos, si están en contacto, y es la razón por la que deben reciclarse cuidadosamente las baterías de las computadoras y teléfonos. Pero en un coche “eléctrico”, ¡hay mil veces más baterías que en una computadora portátil!

También hay que producir la electricidad requerida para muchísimos vehículos, y eso siempre implica inconvenientes ecológicos, y pérdidas sucesivas muy significativas. Por ejemplo, si esa electricidad es producida con hidrocarburos, más vale poner el hidrocarburo directamente en el coche.

<sup>1</sup>Nota de Luis: el concepto “avión eléctrico” implica el uso de electricidad para todos los servicios que ofrece una aeronave, incluyendo la propulsión. En la práctica, no se ha logrado un diseño viable de un avión totalmente eléctrico. El término “avión más eléctrico” surge como una alternativa que implica tomar un avión convencional y electrificarlo tanto como se pueda, progresivamente.



<sup>2</sup> Son circuitos que utilizan componentes electrónicos para adaptar la energía eléctrica disponible a la forma requerida por cierta aplicación, regulándola en función de necesidades cambiantes. Por ejemplo, los cargadores para celulares o laptops, la iluminación LED, juguetes, amplificadores de audio, hornos de microondas, estufas de inducción, imagenología médica, paneles solares, bombas y compresores, drones, radares, aviones, locomotoras de ferrocarriles, robots, procesos industriales, turbinas eólicas, transportación submarina de energía o a gran distancia, etc.



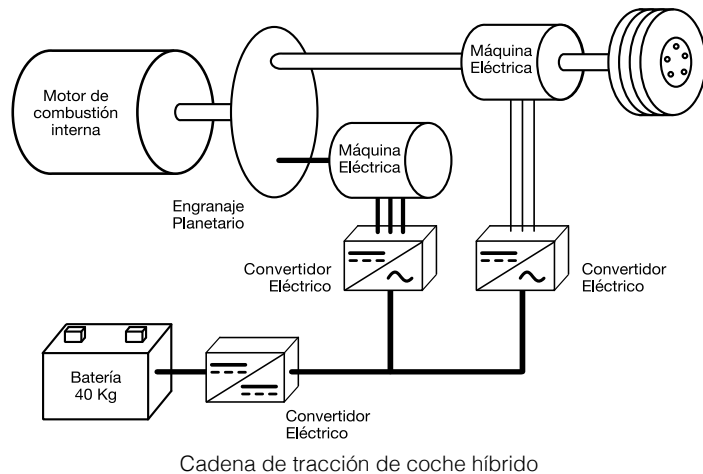
**Luis Ibarra:** Similar al punto anterior, otros indican que la electrificación del transporte implicaría altísimos costos, no sólo para el comprador, sino para el proveedor de electricidad. ¿Qué quieren decir con esto?

**Laeuffer:** Como en el punto anterior, eso depende de qué electrificación se trata.

El coche híbrido añade al coche convencional varios elementos que cuestan dinero.

- > Dos *máquinas eléctricas*, una para convertir parte de la energía mecánica proveniente del motor de combustión interna en energía eléctrica y la otra para convertir esa energía eléctrica de nuevo en energía mecánica, pero esta vez, a una velocidad apropiada para las ruedas del vehículo. Eso permite eliminar la caja de cambios y el embrague, logrando una transmisión de continuidad impresionante. Nota que esas *máquinas eléctricas* son mucho más pequeñas que el motor de combustión.
- > Como la velocidad mecánica de los dos motores eléctricos no es la misma, las corrientes del lado eléctrico no están a la misma frecuencia, y la corriente alterna de la primera debe ser transformada en corriente continua por un *convertidor*, después, otro *convertidor* transforma esa corriente continua en corriente alterna adaptada a la segunda máquina. Esos *convertidores* son *dispositivos electrónicos de potencia*<sup>2</sup>, incluyendo grandes transistores para conmutar grandes corrientes.
- > Cuando la velocidad del coche esta baja o nula, el motor de combustión interna no tiene buen rendimiento y es detenido. En ese caso, sólo el motor eléctrico se utiliza y su energía proviene de una batería electroquímica razonablemente pequeña de unos cuarenta kilogramos. También, cuando el vehículo desacelere, en vez de disipar su energía cinética en los frenos, la maquina eléctrica funciona como generador y carga la batería.

Al final, esos coches híbridos llegan a un precio comparable a las ultimas motorizaciones puramente mecánicas que utilizan inyección directa en el motor de combustión, filtros adicionales y quizás caja de cambios automática.

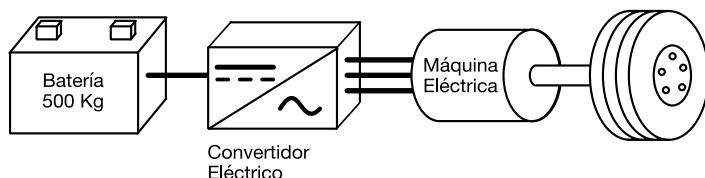


Por su parte, el coche “puramente eléctrico” necesita una grande y pesada batería electroquímica de unos quinientos kilogramos, y el coste de esa batería está en el mismo nivel que el resto del vehículo. Pero hay impresionantes mejoras en ese campo.

Además, esa batería electroquímica debe ser cargada de nuevo, por supuesto, en una toma de corriente, y llega la cuestión de la comparación del precio de energía eléctrica con gasolina o gasóleo, complicada por aspectos fiscales.

En la mayoría de los países, el 90% del precio de gasolina o gasóleo para coches son recaudaciones que hacen los países productores y consumidores, mientras que la electricidad no supone ese gravamen y es más barata. Pero, cuando exactamente el mismo gasóleo es utilizado para la calefacción de una casa, hay menos recaudación fiscal, ¡y el gasóleo es más barato que la electricidad! Al final, económicamente, la electricidad es mucho más cara que la gasolina o el gasóleo.

Además, la generalización de coches “puramente eléctricos” supondría aproximadamente doblar la producción de electricidad, ampliar la infraestructura eléctrica, e implementar cargadores por todas partes.



Cadena de tracción de coche eléctrico

**Luis Ibarra:** Las alternativas eléctricas tienen un precio final superior a sus pares tradicionales de la misma gama. ¿Es en verdad conveniente, económicamente, comprar un vehículo eléctrico?

**Laeuffer:** Ya hemos examinado varios aspectos económicos. Para afinar, también hay que tener en cuenta el precio ecológico, que es mucho más difícil de evaluar. Y para hacer comparaciones, el punto de partida es fundamental, y aquí hay varios tipos de motores de combustión que son muy diferentes entre sí desde el punto de vista ecológico:

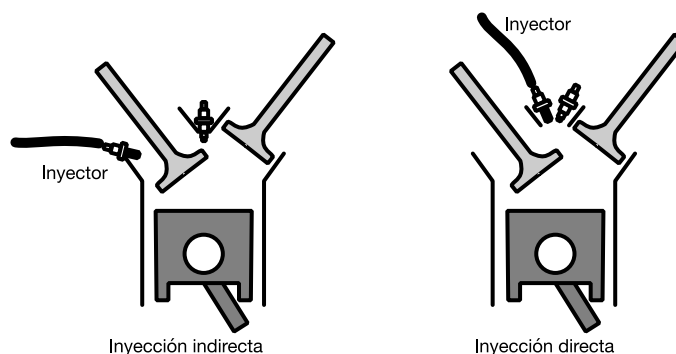
- > En el muy tradicional motor de combustión “indirecta”, la gasolina es inyectada durante la fase de admisión de aire en los cilindros, y la mezcla tiene tiempo para hacerse bien antes de la combustión, que no produce partículas, que no tienen que ser filtradas. Además, la





válvula de mariposa del motor regula la entrada de aire para no tener óxido de nitrógeno después del catalizador, lo que también simplifica el proceso. Todo eso llega al precio más barato, pero no al mejor para la ecología porque la válvula de mariposa introduce el aire en el cilindro a baja presión, lo que produce un efecto de bombeo que consume energía, incrementa consumo y dióxido de carbono.

- > Para evitarlo, desarrollaron el motor de inyección “directa”: no mariposa; el aire está en exceso en el cilindro, pero el combustible se quema directamente al inyectarse, mientras aún está localmente suficientemente concentrado. Pero la mezcla parcial deja partículas sin quemar que tienen que ser filtradas como ya se ha dicho. Además, el exceso de aire satura el catalizador convencional, que ya no reduce los óxidos de nitrógeno y es preciso añadir otro filtro. Además, los inyectores de alta presión son caros. La versión con gasóleo es mejor para el medio ambiente que la solución anterior. En la versión de gasolina, las numerosas partículas muy finas se filtran peor. En ambos casos quedan reducidos el consumo de combustible y las emisiones de dióxido de carbono.
- > Otra forma de evitar la válvula de mariposa y sus pérdidas de bombeo es regular la cantidad de aire admitido, abriendo y cerrando las válvulas del cilindro en momentos adaptados del ciclo (en inglés *Variable Valve Timing*, VVT). La inyección de combustible es indirecta, y la reducción del consumo se obtiene sin los costes de los inyectores de alta presión y los filtros de la inyección directa.



Admisión de aire e inyección de carburante en el cilindro de combustión



Del lado “eléctrico”,

- > La gran mayoría de los coches híbridos utilizan motores de válvulas variables, y el coste extra de su electrificación es aproximadamente equivalente al coste extra de los motores de inyección directa, para un resultado ecológico mejor.
- > El coche electroquímico tiene un precio directo muy alto, y también un precio ecológico alto, debido a la explotación intensa del litio y al necesario reciclaje de las baterías.

**Luis Ibarra:** En términos de salud pública, el tránsito y el excesivo uso de vehículos en grandes ciudades es responsable por casi el 70% de emisiones de gases de efecto invernadero en éstas. ¿Es la electrificación una solución viable a este problema?

**Laeuffer:**

Las emisiones de dióxido de carbono no son problemas específicos de las grandes ciudades.

- > El dióxido de carbono es, como ya he dicho, estable, sin color y sin olor, y pues para nada responsable de la contaminación de las grandes ciudades ni de los problemas de salud pública específicos de estas.
- > En países del norte o del sur, la calefacción de las habitaciones y oficinas produce el mismo nivel de dióxido de carbono que el tránsito. (Y eso podría electrificarse con bombas de calor sin el problema de las baterías.)
- > En países de clima cálido y húmedo, el aire acondicionado de edificios consume más energía que la calefacción cuando hay temperaturas bajas.
- > Más dióxido de carbono es producido por las gigantescas plantas de industria de transformación, que a menudo no son situadas en las grandes ciudades, y por los aviones, de una ciudad a otra.
- > Y la cuestión de efecto invernadero es una cuestión al nivel global del planeta, no de las ciudades. Y para eso, los coches híbridos cortan en 60% las emisiones de dióxido de carbono, porque su transmisión eléctrica permite optimizar el rendimiento de los motores de combustión.

Los contaminantes son tratados de varias formas.

- > Las plantas manufactureras de automóviles producen ahora coches que cumplen con drásticas nuevas normas, y la gran mayoría de contaminantes ahora producidos sobre las carreteras y las calles provienen de antiguos coches. Buena noticia: esos últimos coches desaparecerán con el tiempo.
- > Los coches híbridos casi suprimen óxidos de nitrógeno y partículas, sin introducir los problemas nuevos relacionados a los coches “puramente eléctricos”.
- > Hay mucho que hacer en otros campos. Por ejemplo, las motocicletas, con frecuencia, no tienen normas del mismo nivel.
- > También las llantas de los coches, o el calzado con suela de goma producen partículas.
- > Por último, pero no menos importante, el problema de camiones y pro-



<sup>3</sup> Los motores de combustión interna no pueden trabajar adecuadamente por debajo de cierta velocidad, regularmente entre 700 y 1 000 revoluciones por minuto. Esa velocidad mínima es llamada "velocidad de ralentí" (idle speed en inglés).



cesos industriales en países donde no se cumplen las normas, países que son líderes internacionales en procesos productivos.

Así, hay que buscar un equilibrio entre los diferentes esfuerzos que hacer.

**Luis Ibarra:**

**Tradicional, híbrido y eléctrico. ¿Hay otras ventajas y desventajas?**

**Laeuffer:** ¡Claro que sí! Otro aspecto de salud pública que es la *tranquilidad de la gente*. Una vieja canción francesa dice de los coches: "¡apesta, contamina y te pone nervioso!" Pero cuando uno maneja por primera vez un vehículo eléctrico, o incluso híbrido, dice: ¡que silencio! ¿Por qué?

Un motor de combustión hace ruido, con la repetición de las combustiones brutales a frecuencias sensibles para nosotros.

- > A alta velocidad del motor, su ruido audible cansa; para reducirlo, los constructores añaden una insonorización pesada de centenares de kilogramos. También las vibraciones mecánicas cansan; los asientos de los pasajeros están especialmente diseñados para amortiguarlas. Pero con el coche híbrido, la velocidad del motor de combustión es muy reducida, porque la transmisión eléctrica es continua, sin cambios en una caja, opera en todo momento sin limitar la potencia cuando de repente es requerida, y sin bajar la velocidad del motor a un nivel insuficiente en otros momentos, cuando, por ejemplo, el vehículo desacelere.
- > La baja velocidad del motor de combustión también es un problema, porque produce vibraciones mecánicas en todo el coche, transmitidas a los pasajeros, por ejemplo, a la velocidad de ralentí del motor, cuando el vehículo para, y el motor sigue corriendo<sup>3</sup>. Pero el ralentí no ocurre en coches híbridos.
- > Es más, con un coche híbrido, en las ciudades, durante el 75% del tiempo, la potencia requerida por las ruedas es baja; la pequeña batería del híbrido la proporciona y el motor de combustión está parado: ningún ruido y ninguna vibración. Durante el otro 25% del tiempo, el motor de combustión carga de nuevo la batería.

Y claro que, cuando no hay motor de combustión en el coche, los motores eléctricos y los *convertidores* no hacen ningún ruido ni vibración, pero con las desventajas de la gran batería.

Otro aspecto ligado al anterior es el *rendimiento dinámico*: aceleración.



Un buen día estaba en el pequeño coche híbrido de un amigo, en una carretera de cuatro filas limitada a los ciento diez kilómetros por hora. Me decía: “tengo las mismas sensaciones que en el gran coche con muy potente motor de mi padre”. De hecho, las aceleraciones eran suaves, pero súbitas y profundas, hasta tal punto que los otros coches parecían no tener dinámica, lo que facilita mucho pasar delante de todo el mundo (los choferes de taxi lo aprecian mucho). Añadía que el consumo de combustible era muy razonable en esos casos.

De hecho, la transmisión eléctrica continua controla todo rápidamente, y la batería proporciona durante un segundo la energía necesaria para comenzar la aceleración, y al mismo tiempo, proporciona energía para acelerar al motor de combustión hasta su velocidad máxima. Un segundo después, este último proporciona su potencia máxima para toda la aceleración del vehículo.

De su parte, una motorización solamente térmica pero muy potente, asociada con una caja de cambios automática, hace casi lo mismo, pero con la desventaja del consumo alto - en toda situación - de la motorización alta, y de su precio.

Con una motorización solamente térmica más modesta, incluso asociada con una caja de cambios automática, el motor debe primero dedicar toda su potencia a acelerarse a sí mismo, desconectándose de la transmisión, para luego conectarse de nuevo, provocando saltos en la aceleración del coche, y esos cambios son muy incómodos para los pasajeros.

Y la historia de la tecnología no se acaba aquí. Por ejemplo, investigaciones continúan sobre otras técnicas de almacenamiento de energía a bordo para unos treinta segundos, como volantes de inercia pequeños, súpercapacitores híbridos de litio, etc.



**Luis Ibarra:** ¿Tiene algún consejo para el público en general y para los estudiantes de ingeniería al respecto de la electrificación del transporte?

**Laeuffer:** Una vez, tenía la oportunidad de hablar con el director japonés de investigación y desarrollo de una gran compañía internacional en el ámbito del automóvil, líder mundial en su sector. Era un ingeniero en mecánica e hidráulica, pero sabía todo también sobre motores eléctricos, un poco menos sobre electrónica de potencia, pero estaba muy interesado en lo que podía decirle sobre este último tema, y me preguntaba mucho. De hecho, era un actor mayor en el desarrollo de coches híbridos.

Pues tengo dos consejos para estudiantes de ingeniería:

- > Primero, adquieres durante la carrera universitaria una *cultura científica* y técnica muy amplia, que eso es perfectamente posible, y que se ampliará a lo largo de la vida profesional si uno tiene las bases y ganas de hacerlo. Cuando era estudiante, no rechacé algunos cursos diciendo “no es la especialidad que he elegido”.

> Segundo, en los últimos años de la carrera, elige - claro - una *especialidad concreta*, al menos para comenzar el trabajo profesional, para enfrentarse humildemente con la materia, tener experiencia de eso con todas sus limitaciones, también para después entender a los otros cuando experimenten esas limitaciones. Supera los prejuicios en contra de un trabajo de laboratorio o de fabricación, que es muy formador. Serás apreciado, porque preguntarán al que sabe porque ha visto. (Y si alguien te mira mal por esto, recuérdale que los médicos más reconocidos son los cirujanos, trabajadores manuales.) De hecho, valorar experimentación es de importancia primordial en el campo de la investigación: cuando calculan todo, es desarrollo – que está muy bien – pero no investigación, y no llega a mucha innovación en los productos materiales.

Al final, adquieres la experiencia personal con el segundo punto, y combinado con el primer punto de la cultura, puedes entender a ingenieros de otras especialidades para construir todos juntos proyectos muy interdisciplinarios, como coches o muchos otros, optimizando el conjunto y todos los aspectos. No serás un simple “gestor” que pretende dirigir a los otros sin saber nada de lo que hacen, conservando su posición a través de su poder para dañar a otros, quizá con dinero, pero no amado...


Y para el público en general, ten cuidado cuando el locutor del noticiario dice: “los científicos dicen que...” A menudo, los ingenieros expertos no nos reconocemos en lo que dicen a continuación. Porque hay modas que ven un *solo aspecto del problema*, escondiendo otros, y algunos años después dicen lo contrario. Por ejemplo, durante años dijeron que el motor diésel era la solución ecológica, y después “descubrieron” lo que todos los ingenieros del campo sabían desde luego, pero sin derecho a decir nada públicamente: que esos motores producían gran cantidad de partículas y óxidos de nitrógeno, y solamente muy tarde llegaron los presupuestos y comenzaron las investigaciones para limpiarlos con filtros, que fue un éxito.

**Luis Ibarra:** Profesor, ¿quisiera agregar algo más?

**Laeuffer:** Primero, quiero agradecer al profesor Luis Ibarra por sus preguntas y sugerencias, así como sus correcciones de idioma.

No hay solución universal o perfecta, porque jamás lo sabemos todo, y jamás podemos hacer todo lo que querríamos. Diferentes soluciones tienen impactos de *cualidades* diferentes, pues no pueden reducirse a comparaciones *cuantitativas*, aunque estas ayudan, pero no dicen todo.

De todas partes hay limitaciones, y no cabe ponerse en contra, sino buscar equilibrios. Los ingenieros lo sabemos muy bien, porque eso es nuestra vida cotidiana... pues tenemos que explicarlo más a los otros. Trabajamos para superar esas limitaciones, pero cada vez para enfrentarnos después en contra de otra más allá. Y con eso realizamos cosas grandes en el servicio de los demás. Y eso vale para las otras profesiones.

Quizá también hay que ver la vida de otra manera. Si lo que nos hace sentir bien, lo que es valorado entre nosotros, es haber pasado el fin de semana en las pistas de esquí a quinientos kilómetros, y las vacaciones en el otro lado del mundo, quizá hay que volver a gustos y apreciaciones más moderados, como la cultura, el campo, los intercambios tranquilos con los amigos y la familia, la transmisión a los jóvenes, la contemplación, el estudio personal, la reflexión y la experimentación. 

**Más información**

---

-





INSP C

Person walking down stairs, wearing a face mask and carrying a bag.

Person walking up stairs, carrying a bag.



# 19 Congreso de Investigación en Salud Pública

Cuernavaca, Morelos a 16 de marzo de 2023 – El decimonoveno Congreso de Investigación en Salud Pública se llevó a cabo en días pasados fortaleciendo lazos entre panelistas de América Latina, el Caribe y otros. Este evento congrega a tomadores de decisiones, miembros de la sociedad civil, investigadores, estudiantes y académicos del área de la salud pública, en torno al lema: “Equidad en salud y sostenibilidad del planeta”.

Dentro del programa científico se tuvieron 3 conferencias magistrales, 3 plenarias, 12 simposios, 15 Mesas temáticas, 21 mesas de trabajos libres y participaron 450 carteles en el área de exposición. Se contó con la presencia del Dr. David Kershenobich Stalnikowitz, el Dr. Barry M. Popkin, el Dr. Alejandro Cravioto Quintana, la Dra. Laura Magaña entre otros.

Durante el evento nos acercamos a la Dra. Lina Sofía Palacio Mejía, para preguntarle sobre Ciencia de Datos. Conoce más sobre este interesante tema.



**WOLFRAM MATHEMATICA**

El sistema definitivo en el mundo para la computación matemática moderna.

No hay mejor opción para la computación técnica moderna.

Por tres décadas, Mathematica ha dictado el rumbo de la computación técnica, proporcionando el principal entorno computacional de millones de innovadores, educadores, estudiantes y socios alrededor del mundo.

Mathematica está basado en la gran innovación Wolfram Language.

**STATA**

Software Estadístico para Análisis de Datos

15, 16 y 17 de marzo 2023  
COTENAVICA | HOBELOS

Equidad en salud y sostenibilidad del planeta

FIESP





# Dra. Lina Sofía Palacio Mejía

**Investigadora por México Conacyt en el Instituto Nacional de Salud Pública. Trabaja en la Unidad de Inteligencia en Salud Pública.**

## ¿Cómo funciona la Ciencia de Datos en la investigación de salud pública?

Yo trabajo la Ciencia de Datos desde la salud pública, antes la trabajaba desde hace muchos años desde la estadística, la informática, la epidemiología, la demografía etc. La Ciencia de Datos ha ido conjuntando todas estas ciencias, todas estas áreas, para fortalecerse con las tecnologías y hacer mejor el análisis de datos. Al crear un grupo interdisciplinario con todas estas áreas, logramos poder generar información con mayor conocimiento, con mayor fortaleza, más robusta para poder tomar decisiones en este caso en específico en la salud.

Con la Ciencia de Datos hemos integrado profesionales e investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública como: epidemiólogos, economistas, actuarios, estadistas, informáticos programadores que colaboran con nosotros en trabajar los datos desde su manera inicial, desde la recolección, la integración, limpieza y estandarización, podemos armar repositorios con estas bases de datos y después proceder al análisis. Claro, las bases de datos del sector salud son todos los servicios de la población mexicana, que somos 126 millones de habitantes entonces son bases de datos muy grandes y ahí hacemos todo el uso de las nuevas técnicas del Big Data que nos facilita junto con grandes servidores el poder procesar toda esta información, integrarla y poder tener análisis de cómo está la salud de la población en México, que es un país bastante grande.

Esto nos ha permitido también a través de otro tipo de investigadores (epidemiólogos, demógrafos) empezar a generar indicadores, más robustos, de cómo está la situación de salud en México: ¿Cuáles son los principales problemas? ¿Cómo van cambiando las tendencias en los años? Teniendo en cuenta la calidad de la información, porque todavía hay muchas ventanas de oportunidades para mejorarla. En este sentido estamos también trabajando con las nuevas tecnologías: Machine Learning, Inteligencia Artificial, visualización de datos y hemos creado unos tableros de visualización de datos para hacer más amigable la información y ponerla en gráficos, tablas, mapas para facilitar al tomador de decisiones que la información pueda ser más accesible y más oportuna

también, porque se tarda menos el procesamiento y ellos pueden tener información a la mano través de una página web. Ahora lo que tenemos es el desarrollo de la Unidad de Inteligencia en Salud Pública donde tenemos varios tableros de visualización de datos en donde les decimos por ejemplo, cómo están los nacimientos en México, si están naciendo por parto, si están naciendo por cesárea, si la cesárea está ocurriendo más de lo necesario, si es el caso. Y esta información les provee a ellos evidencia para poder establecer estrategias o programas y poder tomar decisiones de políticas públicas de salud así como nacimientos pues tenemos muchos otros temas: Mortalidad, la hospitalización y los diferentes servicios y problemas de salud.

## ¿Qué herramientas de software científico están utilizando principalmente para realizar esta labor?

El Instituto Nacional de Salud era cien por ciento STATA, ahora ya nos hemos ido un poco al software libre como “R” que nos permite poder interactuar con otras herramientas sin embargo también, hacemos visualizaciones de datos en Tableau, y también nos hemos abierto a usar Shiny y ya empezamos a trabajar por ejemplo mapas en Argis que lo veníamos haciendo tradicionalmente y ahora ya también utilizamos (Qgis). Cuando tenemos el software de licencia preferimos trabajar con este porque nos facilita muchos procesos, pero a veces las licencias se nos vuelven muy costosa entonces nos pasamos a software libre pero ahí requiere mucho más trabajo de programación. Dependiendo en lo que quieras invertir, o al costo de la licencia o al personal que te lo maneje y te lo trabajé más adecuado como lo necesites, trabajamos varios softwares.

## ¿Cómo va a evolucionar la ciencia de datos en la convergencia con la Inteligencia artificial? ¿Cómo ves esta tendencia?

Bueno la Inteligencia Artificial la hemos utilizado para análisis de datos no estructurados para búsqueda de palabras en redes que nos puedan alertar de problemas en salud. Por ejemplo: Tenemos una epidemia de diabetes y cuando vemos que en redes, por ejemplo, en Google, empiezan a buscar sobre la

**Por: Andrea Domínguez**

diabetes empezamos a ver que la población busca: ¿Cuáles son los factores de riesgo, o las consecuencias si eres diagnosticado de alguna enfermedad como la diabetes. También en redes hay un sistema de prevención de suicidio, cuando las personas empiezan a hacer mención a ciertas palabras como: me quiero morir, palabras que puedan detonar que está o en depresión o tenga una intención de suicidio, eso nos permite también conocer como a quién llegarle y poderle suministrar información. Hay muchas aplicaciones de Inteligencia artificial que nos permiten por ejemplo, en términos de radiografías de mastografías enseñar y educar a un lector con mastografías positivas por ejemplo: ¿Cómo leer y detectar algún tumor.

En este sentido, nos está ayudando mucho la Inteligencia artificial en salud y creo que tiene un campo grandísimo que apenas va naciendo y que creo que aquí en México, todavía hay poca inversión en este tipo de técnicas, pero que podemos ir implementando poco a poco que también requiere tener muy buenos repositorios, muy buenos datos de calidad para poder estrenar estos algoritmos de Inteligencia artificial que posteriormente nos ayuden a tomar decisiones en algunos problemas de salud.

### Podrías mencionar las fuentes de datos estadísticos de donde toman información para hacer su trabajo?

Bueno nuestras principales fuentes de datos son la Dirección General de Información en Salud que es el ente rector de la Secretaría de Salud en México a nivel federal de los datos en salud. Ahí llega información sobre nacimientos, mortalidad, egreso hospitalario, servicios otorgados etc. En la mayoría de los casos es información solamente de la población no derecho habiente, de la población que atiende la Secretaría de Salud. Otro gran banco de datos es el del IMSS que serían los servicios que se otorgan a la población derecho habiente, atendida en el IMSS, aunque algunos de los datos, el IMSS los transfiere a Secretaría Salud y se pueden obtener de esta manera, esto nos per-



mite tener un panorama nacional, sin embargo se escapa a veces el privado. Y el INEGI tiene datos de salud de los privados, entonces hay diferentes fuentes de información que se requiere ir buscando e integrando y estandarizando para poderlos analizar. El sistema de información de Salud en México está muy fragmentado y hay diferentes bases de datos que no se comunican y que no hay un identificador único de paciente. Entonces por ejemplo, alguien se puede hospitalizar una vez y no sabes si esa persona tuvo varios eventos, varias hospitalizaciones o si es una persona diferente hay dificultad para darle trazabilidad a una persona si puede estar digamos en Secretaría de Salud y le detectaron cáncer y decide afiliarse y pasar al IMSS y atenderse en el IMSS y luego no se, decide ir mejor al Instituto de Cancerología, entonces todo ese camino que puede tener una persona no lo logramos obtener. Creo que hay varios retos todavía en los datos de salud para poder hacer trazabilidad de un paciente, y de su atención y poder saber los desenlaces. Porque alguien puede fallecer de cáncer pero no sabemos previamente qué camino de atención pudo haber tenido.

### ¿Las empresas aseguradoras comparten datos estadísticos con ustedes?

Hemos tenido poco contacto con ellos, pero cada aseguradora tiene también sus datos que les interesan para ciertas patologías que ellos cubren y para sus afiliados, entonces tampoco es como tan universal. Ellos sí tienen un identificador pero el resto no tiene un identificador




entonces tampoco se puede unir o vincular, por lo que sí hay ciertas dificultades en esa fragmentación de datos. Otra información ahora muy valiosa es la de los consultorios asociados a una farmacia que está teniendo una alta demanda de consulta externa y que tienen un gran expediente clínico electrónico que sería maravilloso poderlo tener pero que todavía no está disponible públicamente si no que hay que hacer ciertos convenios para poderlos obtener. Entonces hay mucha información pero que está muy fragmentada y hace falta recolectarla e integrarla aquí en el país.

Por ejemplo hay un desarrollo de expediente clínico electrónico pero está dividido por niveles de atención por ejemplo el IMSS, el ISSSTE o Secretaría de Salud, tiene un expediente clínico para primer nivel y tiene otro para segundo nivel y estos expedientes a veces es difícil que se conecten para saber si a alguien en la consulta lo refirieron a hospitalización y lo atendieron en segundo nivel, digamos es difícil integrar esa información y más difícil el expediente clínico del IMSS o de un hospital de un estado o del ISSSTE todavía eso no se logra.

Algunos retos en el expediente clínico electrónico es poderlos integrar, poderlos estandarizar y a través de estándares como HL7 poder hacer que ellos compartan información, crear un gran repositorio o gran base de datos sobre el expediente clínico de todo el país y después soñar con compartir la información del IMSS con Secretaría de Salud y Secretaría de Salud cuando un paciente o

aflorado se mueva.

**¿Consideras esto como el reto en política pública a tratar? Entonces, la Ciencia de Datos es un tema clave para poder hacer todo el análisis de la información que ustedes manejan para poder llegar a conclusiones puntuales en temas de salud.**

Todo este manejo de datos es a lo que nosotros llamamos Ciencia de Datos en Salud, y de aquí pasamos a otro término que queremos lanzar que es el de Inteligencia en Salud, que es el poder utilizar esta información para llevarla a los tomadores de decisiones y que se convierta en política pública. Para esto, también nos ayuda la Ciencia de Datos a subir y a llegar a los tomadores de decisiones haciendo para ellos mucho más fácil y entendible tomar decisiones estratégicas. 

#### Más información

Dra. Lina Sofía Palacio: [lpalacio@insp.mx](mailto:lpalacio@insp.mx)  
 Andrea Dominguez: [andrea@gaiabit.com](mailto:andrea@gaiabit.com)



# Wolfram Alpha explica ahora problemas matemáticos paso a paso en español: Inteligencia computacional para enfrentar la creciente crisis

Wolfram|Alpha es el único motor de conocimiento computacional del mundo. Sus capacidades profesionales ayudan a estudiantes, docentes y familias a revisar problemas de clase y aprender con explicaciones detalladas y guiadas, en todas las áreas y niveles de las matemáticas: desde la factorización de polinomios o resolución de integrales, hasta equilibrar ecuaciones y realizar la representación gráfica de funciones, entre muchos otros temas.

La pandemia de la Covid-19 ha significado un gran reto educativo, el cual ha agudizado la crisis del aprendizaje de las matemáticas particularmente, pues los y las estudiantes podrían haber experimentado una reducción sensible de sus avances de aprendizaje, entre un 50% y 70% menor, al nivel necesario para emprender su siguiente año de estudios. Más de 1,000 millones de estudiantes se vieron obligados a dejar sus salones de clase, sin contar en muchos casos, con plataformas tecnológicas y educativas adecuadas. La UNESCO, la UNICEF y el Banco Mundial en su informe Dos años después: Salvando a una generación, estiman que la generación actual de estudiantes corre el riesgo de dejar de percibir, en valor presente, \$17 mil millones dólares en ingresos a lo largo de sus vidas, el equivalente al 12% del PIB global, esto debido a cierres y choques económicos relacionados con la COVID-19.

El lanzamiento de Wolfram|Alpha en español, con soluciones paso a paso a problemas matemáticos, es una clara expresión del compromiso de Wolfram Research para brindar apoyo en esta área de formación crucial para la vida y el campo profesional.

Realizar operaciones, ya sea con el teclado extendido o mediante palabras propias, con notación matemática o calculadoras en línea para estudiar derivadas e integrales, Wolfram|Alpha en español es una plataforma indispensable en comunidades educativas para recuperar los aprendizajes perdidos, y avanzar con éxito hacia el estudio de las matemáticas, pues facilita:

- Generar respuestas directas a preguntas en tiempo real y explorar temas relacionados.
- Aumentar la comprensión y habilidades de las y los estudiantes para resolver problemas, con la ayuda de explicaciones paso a paso, guiadas y detalladas, en todas las áreas y en todos los niveles educativos de las matemáticas.

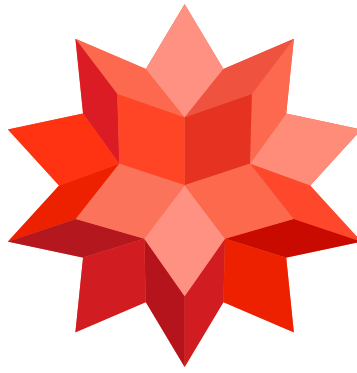
- Ayudar a enfocar el valioso tiempo de los y las docentes en temas de alto nivel, ahondar en soluciones y avanzar en grupo en los programas de clase.
- Acceder desde cualquier dispositivo con mínima conectividad a Internet sin necesidad de instalación

Mediante el lanzamiento de Wolfram|Alpha, con soluciones matemáticas paso a paso en español, Wolfram busca también contribuir al establecimiento de nuevos nodos de desarrollo intelectual y tecnológico, en el marco de la red internacional de desarrollo del conocimiento. El talento se encuentra en todas partes del mundo, y por muchos años, indagar el universo computacional le ha permitido a Wolfram llevar a cabo muchos y sofisticados proyectos, a menudo, trabajando remotamente desde muy distintas geografías.

Para conocer más pongase en contacto con:

Luis Franco  
Ejecutivo Software Diverso  
lfranco@multion.com  
MultiON Consulting, S.A. de C.V.  
Cómputo Científico y Técnico: Software y Hardware para México y América Latina  
( Tel: +52 (55) 5559-4050 Ext. 118





# WolframAlpha® inteligencia computacional.

Para estudiar en la escuela, desde el hogar y en cualquier lugar.

Ahora con matemáticas explicadas en español.

## Lenguaje natural o entrada matemática

Use sus propias palabras o la notación matemática usada en libros de texto para ingresar su entrada.

## Resultados visuales

Wolfram|Alpha Pro utiliza conocimiento incorporado y potencia computacional para averiguar la respuesta y crear un informe sobre su tema.

WolframAlpha PRO PREMIUM

límite de  $\frac{(x-3)}{(x^2-2x-3)}$  cuando x se aproxima a 3

LENGUAJE NATURAL  ENTRADA MATEMÁTICA

Límite:  $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x-3}{x^2-2x-3} = \frac{1}{4}$

Forma decimal  Solución paso a paso

Solución paso a paso de Wolfram|Alpha

Límite:

PAZO 1

Encuentra el siguiente límite:

$$\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x-3}{x^2-2x-3}$$

Siguiente paso

Gráfico

Expansión en serie en  $x=3$

$$\frac{1}{4} - \frac{x-3}{16} + \frac{1}{64}(x-3)^2 - \frac{1}{256}(x-3)^3 + \frac{(x-3)^4}{1024} - \frac{(x-3)^5}{4096} + O((x-3)^6)$$

(serie de Taylor)

Potenciado por WOLFRAM LANGUAGE

## Funciones profesionales

Con Wolfram|Alpha Pro, los estudiantes aumentan su comprensión y mejoran sus habilidades para resolver problemas mediante soluciones guiadas paso a paso.