



# SISTEMAS DIMINUTOS QUE PUEDEN SALVAR VIDAS: LOS MEMs

TXOMIN JÁUREGUI ORTIZ, JOSÉ CARLOS NÚÑEZ ARREDONDO, MAURICIO PÉREZ MENDIZÁBAL  
Estudiantes de Ingeniería Mecánica para la Innovación e Ingeniería Mecatrónica 9.º semestre

ABRAHAM GASTÉLUM-BARRIOS  
Profesor de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Anáhuac Querétaro  
abraham.gastelum@anahuac.mx

## Resumen

Los sistemas electrónicos y mecánicos han ido evolucionando y apuntando a ser cada vez de un tamaño más pequeño, fácil de fabricar, de menor consumo energético y que realicen operaciones específicas. Los MEMs han venido a ser la evolución y solución a estas necesidades, ya que pueden ser fabricados a escalas tan pequeñas que resuelven necesidades específicas en campos como la biomédica, mecánica y mecatrónica. En este artículo se describirán sus conceptos fundamentales, así como una aplicación donde los MEMs han llegado a salvar vidas gracias a su gran portabilidad. La tendencia del desarrollo de estos sistemas apunta hacia dispositivos que puedan estar interconectados a una red de datos para realizar acciones de control en línea y en tiempo real.

**Palabras clave:** sistemas MEMs; tendencias; tiempo real; acelerómetro.

## Desarrollo

Los sistemas microelectromecánicos o mejor conocidos como Microelectromechanical sys-

tems (MEMs, por sus siglas en inglés) son sistemas mecánicos y eléctricos de escalas muy pequeñas. Las nuevas tecnologías nos han llevado a necesitar componentes mecánicos cada vez más pequeños; las ventajas de hacerlos más pequeños es que son menos complejos, requieren menos energía para funcionar, caben en lugares más pequeños, necesitan menos material para fabricarse, entre otros factores que los hacen una buena opción en muchos casos. En la Figura 1 se puede observar una referencia de tamaño comparado con otros materiales.

Actualmente existen diversas formas para la fabricación de estructuras micromecánicas que se definen como técnicas de micro mecanizado (*Micromachining techniques*), las cuales se pueden diferenciar en dos grandes categorías: micro mecanizado por bloques (*Bulk Micromachining*) y micro mecanizado superficial (*Surface Micromachining*). El silicio es el material que se utiliza comúnmente para fabricar los MEMs y en la Figura 2 se pueden observar algunos ejemplos de sistemas de este tipo.

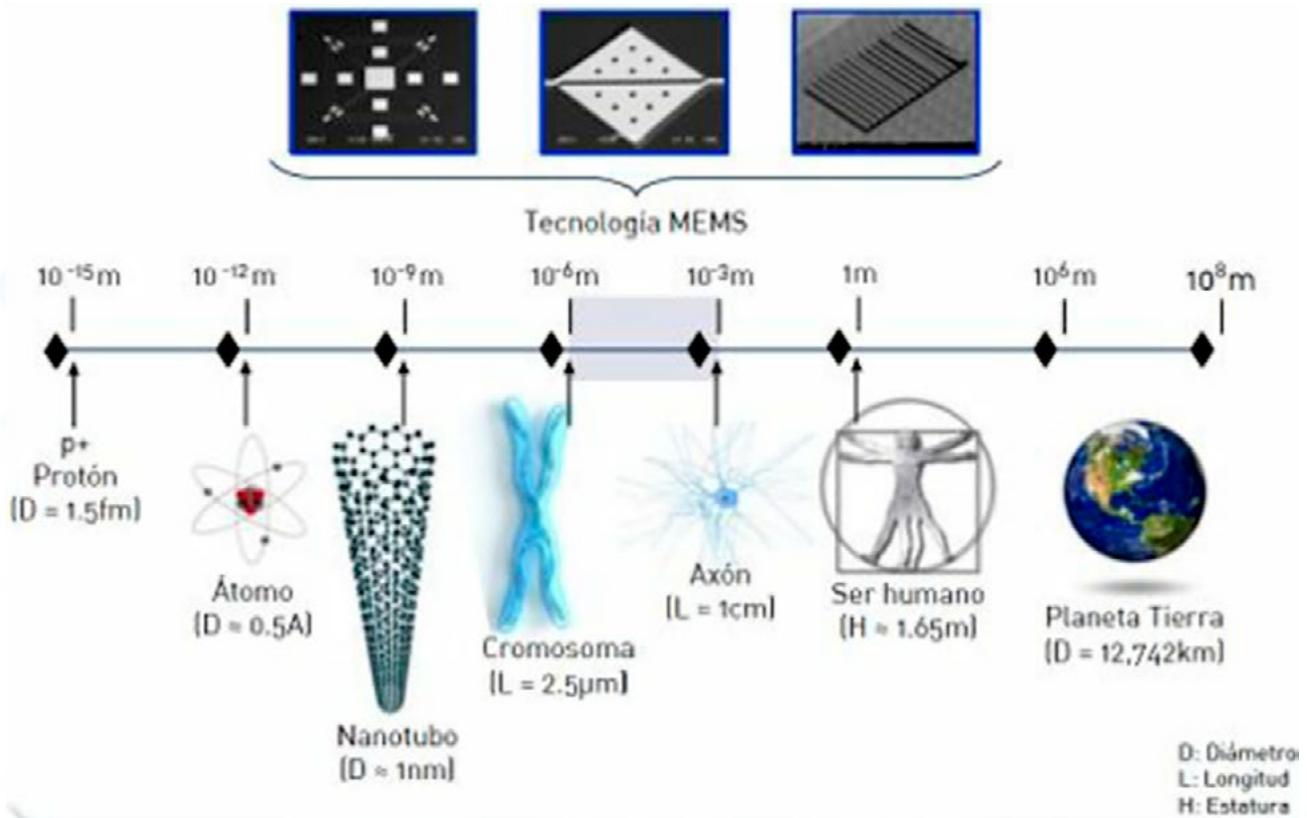


Figura 1. Escala de referencia (1)

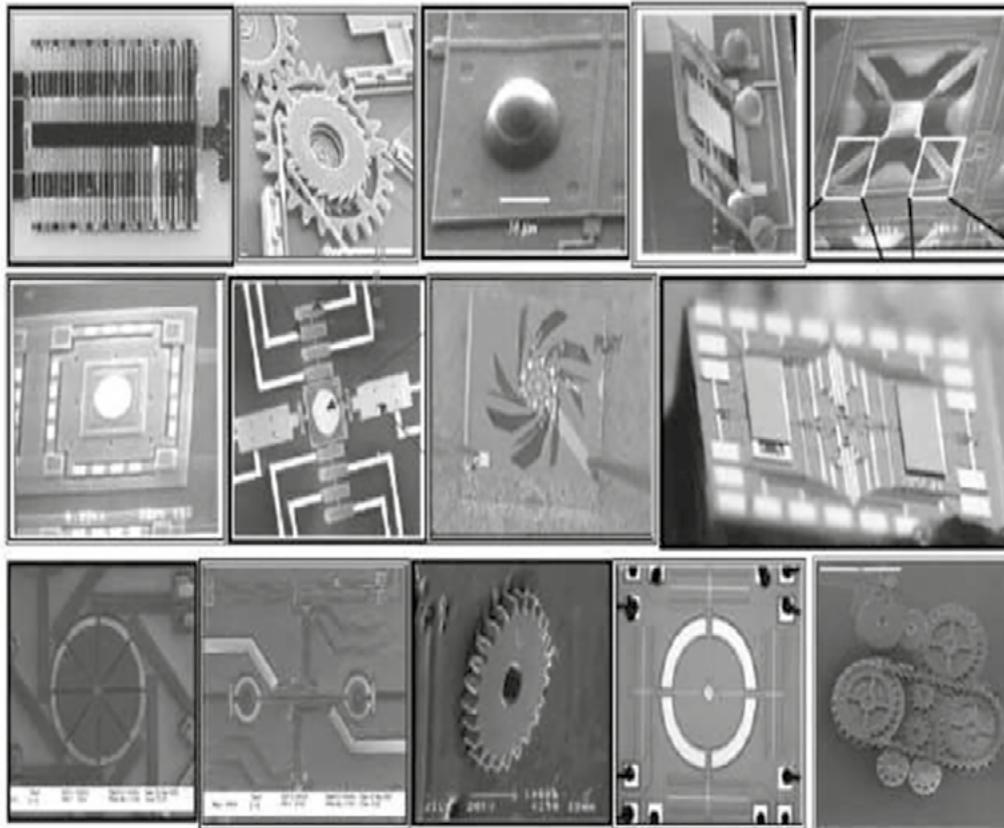


Figura 2. Ejemplo de los diferentes MEMS (2).



Hoy en día los vemos presentes en muchos aspectos de nuestra vida cotidiana, lo más probable es que tengas uno muy cercano ya que se utilizan en todas partes, como por ejemplo en nuestros celulares, pantallas, en los autos, impresoras, proyectores, entre otras. Las principales industrias que utilizan este tipo de tecnologías son la aeroespacial y automovilística, donde comúnmente emplean componentes microelectromecánicos como sensores de presión, temperatura, presión y aceleración. El sector salud es otro que usa mucho este tipo de componentes, por ejemplo en placas para análisis de sangre, monitoreo de nivel de azúcar e implantes médicos.

Uno de los desarrollos en que los MEMs han impactado son los acelerómetros, dispositivo que es capaz de detectar la aceleración de un objeto cuando está en desplazamiento. Existen de dos tipos: mecánicos y los capacitivos. El acelerómetro mecánico se compone de cuatro elementos: un marco base, un resorte, una masa y un rollo de papel. Su funcionamiento consiste en mover el marco base y la masa se moverá a una velocidad distinta a la del marco base hasta estabilizarse, después en el rollo de papel que está rotando constantemente, se guardará la información de la distancia desplazada y finalmente con los datos obtenidos se usa la ley de Hooke para calcular la fuerza y la segunda ley de Newton para calcular la aceleración. Este acelerómetro es conocido como uno de los primeros sismógrafos.

El funcionamiento del acelerómetro capacitivo es muy parecido al mecánico, la diferencia consiste en cómo se mide la distancia, ya que en este caso se usan dos placas metálicas, una está fija al marco de referencia y la otra es móvil con la masa. Estas placas paralelas actuarán como un capacitor y usando la fórmula de la capacitancia se puede calcular la distancia y, posteriormente, calcular la fuerza con la ley de Hooke y la aceleración con la segunda ley de Newton.

Es impresionante la cantidad de usos que se pueden aplicar a este tipo de tecnología, una de las tendencias más recientes son los detectores de caídas. Todos conocemos algún tipo de dispositivo el cual contiene uno de estos microsistemas compuesto de sensores y algoritmos para su funcionalidad. Un ejemplo que cada vez se vuelve más común y puede llegar hasta salvar vidas es la detección de caídas por medio del uso de acelerómetro y giroscopio centrándose en la aceleración o la velocidad totales. Se han desarrollado muchos proyectos centrándose en estos temas, podemos ver en las siguientes imágenes de la Figura 3 un proyecto de tesis realizado en la Universidad de Binghamton, Nueva York. En este se desarrolló un detector de caídas localizado en tres áreas principales del cuerpo: cadera, pecho y cabeza (3). Una vez localizados los sensores, se realizaron pruebas experimentales midiendo la aceleración y el tiempo determinado en las caídas frontales y de espaldas.



Figura 3. Imágenes del prototipo (3)



En particular, este tipo de detectores de caídas puede llamar a emergencias de manera automática en caso de ser necesario. La gente más propensa incluye a personas de la tercera edad o con alguna enfermedad como Alzheimer o Parkinson, incluso para este sector podría llegar a ser fatal en caso de que se encuentren solos. Es por esto que las nuevas tecnologías, como la que se mencionó, han sido tendencia los últimos años; marcas reconocidas como Apple® y Samsung® constantemente incluyen este tipo de aplicaciones en sus dispositivos. Como ocurrió en el año 2021, Brandon Schneider, usuario de un Apple Watch®, cuenta a la revista *People* (4) que gracias a que después de caer inconscientemente en un baño, el reloj inteligente detectó inmediatamente una caída fuerte y pidió al usuario responder a la alerta durante un tiempo; de no hacerlo, realiza una alerta de emergencia al 911 indicando la ubicación y alertando a los contactos registrados como de emergencia. Gracias a ello, Brandon fue encontrado y se le salvó la vida.

## Conclusiones

La necesidad de los MEMs surge a partir del avance en la tecnología y debido a los requerimientos que el área industrial demanda, ya sea estar en lugares más pequeños, no consumir tanta energía, no ser tan complejos para que no tengan tantas fallas y requieran menos material y energía para su fabricación. Actualmente, es una industria vigente e irá mejorando con el tiempo, debido a la solución que presentan para muchos problemas. Las tendencias indican que el desarrollo de los MEMs apunta hacia el desarrollo de sistemas que

puedan establecerse en una red de sensores y actuadores, que sean de bajo costo y de fácil construcción (5). El desarrollo se ha ido enfocando a la investigación principalmente en el área de protección ambiental, medicina y como fuentes de energía micrométricas.

## Referencias

- [1] Camacho, S., Losoya, A. (2014). *Introducción a la simulación de sistemas microelectromecánicos y microfluídicos*. Digital Tecnológico de Monterrey.
- [2] Reyes, F., Cid, J., Vargas, E. (2013). *Mecatrónica. Control y Automatización*. 1.a edición. México: Alfaomega.
- [3] Ibrahim, A., Younis, M. (2014). Simple fall criteria for MEMS sensors: Data analysis and sensor concept. *Sensors*, Jul 8; 14(7): 12149-73.
- [4] Goldstein, J. (2021). Runner Credits Apple Watch for Saving His Life After Fall in E.R. Bathroom Leads to Brain Surgery. *People*. Disponible en: <https://people.com/health/runner-credits-apple-watch-for-saving-his-life-after-fall-in-er-bathroom-leads-to-brain-surgery/>
- [5] Ko WH. (2007). Trends and frontiers of MEMS. *Sensors and Actuators, A. Physical*, 136, p. 62-7.