

Artículo Científico

Software para la adquisición de datos de Física Clásica utilizando sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS)

ArtiSoftware for acquiring Classical Physics data using Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)



Vilchez-Ruíz, Marcos Iván ¹



<https://orcid.org/0009-0002-7536-9286>



marcos.vilchez21506704@estu.unan.edu.ni



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
Managua | Centro Universitario Regional de Estelí,
Nicaragua, Estelí.



López-Gutiérrez, Exequiel ²



<https://orcid.org/0009-0004-0028-9040>



exequiel.lopez21513766@estu.unan.edu.ni



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
Managua | Centro Universitario Regional de Estelí,
Nicaragua, Estelí.



Herrera-Castrillo, Cliffor Jerry ³



<https://orcid.org/0000-0002-7663-2499>



cliffor.herrera@unan.edu.ni



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
Managua | Centro Universitario Regional de Estelí,
Nicaragua, Estelí.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/119>

Resumen: El presente artículo se realizó con el propósito de evaluar un programa informático capaz de registrar datos experimentales en el estudio de fenómenos de la física en contextos educativos. El trabajo se enmarca en la necesidad de contar con alternativas accesibles que faciliten prácticas científicas donde los recursos tradicionales son limitados. Para ello, se seleccionaron contenidos fundamentales de la física y se aplicaron procedimientos de análisis que permitieron determinar la pertinencia de utilizar sensores incorporados en dispositivos de uso cotidiano. El estudio examinó la estabilidad, consistencia de las mediciones y utilidad pedagógica de los datos generados por el programa en actividades experimentales representativas. Los resultados muestran que este recurso tecnológico permite obtener mediciones consistentes que pueden compararse con modelos teóricos y emplearse en actividades de aula que fortalecen la comprensión de conceptos clave. El análisis evidencia que la incorporación de herramientas digitales robustas favorece la participación del estudiantado, la interpretación de fenómenos y el desarrollo de competencias científicas. En conclusión, el programa evaluado constituye una alternativa viable para expandir las posibilidades experimentales en instituciones con limitaciones de infraestructura.

Palabras clave: sensores, física, datos, software, experimentos.



Check for updates

Received: 08/Dic/2025
Accepted: 16/Ene/2026
Published: 02/Feb/2026

Cita: Vilchez-Ruíz, M. I., López-Gutiérrez, E., & Herrera-Castrillo, C. J. (2026). Software para la adquisición de datos de Física Clásica utilizando sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS). *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(1), 154-169. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/119>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)
<https://revistacym.com>
revistacym@editorialgrupo-aea.com
info@editorialgrupo-aea.com

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

This article was written with the aim of evaluating a computer program capable of recording experimental data in the study of physics phenomena in educational contexts. The work addresses the need for accessible alternatives that facilitate scientific practices where traditional resources are limited. To this end, fundamental physics content was selected, and analysis procedures were applied to determine the relevance of using sensors incorporated into everyday devices. The study examined the stability, measurement consistency, and pedagogical usefulness of the data generated by the program in representative experimental activities. The results show that this technological resource allows consistent measurements that can be compared with theoretical models and used in classroom activities that strengthen the understanding of key concepts. The analysis shows that the incorporation of robust digital tools promotes student participation, the interpretation of phenomena, and the development of scientific skills. In conclusion, the program evaluated is a viable alternative for expanding experimental possibilities in institutions with infrastructure limitations.

Keywords: sensors, physics, data, software, experiments.

1. Introducción

Las instituciones universitarias de Nicaragua, al estudiar la Física Clásica se limitan por la falta de instrumentos adecuados para la medición y la verificación de fenómenos físicos por lo que es trabajada “desde el punto de vista Matemático” (Montoya, 2015, p. 31). Así, la complejidad para solicitar el uso de laboratorios de informática, se convierte en un trámite complicado debido a los requisitos de adquisición o por las responsabilidades del docente definidas al inicio cambio institucional (Herrera-Castrillo & Hernández, 2023; Solano-Gutiérrez, 2024). En consecuencia, los centros prefieren hacer lo rápido y accesible como laboratorios improvisados.

No se pueden realizar mediciones directas de variables Físicas como la intensidad de luz Industriales, la velocidad de objetos Industriales, los campos magnéticos o los niveles sonoros (Denis et al., 2021). Por ello, se destaca la teoría sobre la práctica. Esto limita el desarrollo de competencias científicas fundamentales, como la observación, la experimentación, la verificación de hipótesis y el análisis crítico de datos necesario para mejorar (Castrillo & Fuentes, 2023; Samueza-Umaquinga et al., 2025).

No obstante, la mayoría de los estudiantes dispone de herramientas tecnológicas accesibles, como los teléfonos inteligentes, que integran sensores Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) capaces de registrar variables físicas relevantes. El uso educativo de estos dispositivos permite realizar mediciones experimentales de manera práctica y económica, favoreciendo la aproximación empírica a fenómenos de la Física Clásica

en contextos con recursos limitados (García-Peña, 2023; UNAN-Managua, 2024). Esta posibilidad abre la necesidad de evaluar no solo su utilidad pedagógica, sino también la estabilidad y consistencia de los datos que generan.

Los dispositivos móviles incorporan sensores MEMS capaces de medir aceleración, rotación, campos magnéticos, intensidad luminosa y señales sonoras, entre otras variables físicas (Acosta & Meléndez, 2024; Alarcón, 2022). En conjunto, estos sensores permiten la adquisición de datos experimentales de forma accesible y repetible, siempre que se controlen las condiciones de medición y se apliquen criterios estadísticos adecuados para evaluar la variabilidad de los datos obtenidos (Inertial Labs, 2023; Medina, 2014; Vectornav, 2025).

Diferentes estudios han demostrado la viabilidad tecnológica y la aceptación pedagógica del uso de smartphones en la enseñanza de la Física sientan la base para esta investigación. En primer lugar, la factibilidad tecnológica está probada por Mattivi et al. (2025) quienes verificaron que la mayoría de los dispositivos cuentan con sensores funcionales aptos para la medición física, y se complementa con Staacks et al. (2025), que demostraron la integración económica y versátil de estos sensores móviles para experimentos complejos. En el plano pedagógico, esta tecnología es altamente efectiva; Evains et al. (2024) confirmaron una mejora significativa en las habilidades científicas de los estudiantes mediante la aplicación Phyphox creada para abarcar estos temas. También, Herrera y Castellón (2025) propusieron los sensores de smartphone como una alternativa práctica y accesible que mejora la comprensión siendo base para una motivación frente a los simuladores tradicionales.

La necesidad de una integración pedagógica planificada es crucial, como lo enfatizó Mercado (2024) al fundamentar el modelo Tecno-Pedagógico B-Learning, cuyo desarrollo tiene antecedentes directos en el software local como el Tamímetro creado por Vílchez et al. (2023), cuya experiencia y lecciones prácticas sobre gestión fueron sistematizadas posteriormente. permitieron conocer las opiniones y experiencias de los usuarios. Finalmente, el contexto nicaragüense respalda este enfoque, ya que López-Noguero et al. (2023) reportaron una alta aceptación del smartphone como herramienta educativa entre estudiantes de educación superior, y Romero et al. (2024) confirmaron la disposición y capacidad de los estudiantes para utilizar tecnología en la enseñanza de la Física.

A pesar de la creciente incorporación de sensores MEMS en dispositivos móviles y de su uso exploratorio en contextos educativos, persiste una brecha investigativa relacionada con la validación empírica de la estabilidad y consistencia de las mediciones generadas por software educativo, particularmente en contextos universitarios con recursos limitados (Bravo-Bravo, 2023). En el caso nicaragüense, no se identifican estudios que evalúen de manera sistemática, mediante indicadores estadísticos de variabilidad, la pertinencia técnica de estos sensores para la experimentación en Física Clásica. Esta ausencia de evidencia cuantitativa limita la toma de decisiones pedagógicas fundamentadas y justifica la necesidad de un estudio

orientado a evaluar la consistencia de las mediciones obtenidas mediante software basado en sistemas MEMS (Han et al., 2023).

Desde una perspectiva metrológica, la calidad de una medición no se define únicamente por su exactitud frente a un instrumento patrón, sino también por su estabilidad y consistencia bajo condiciones controladas (Lizarraga-Aguirre, 2024; López-Freire & Lizarraga-Aguirre, 2023). En contextos educativos y estudios aplicados, resulta pertinente evaluar la repetibilidad de las mediciones, entendida como el grado de concordancia entre resultados obtenidos en mediciones repetidas realizadas con el mismo sistema, operador y entorno (Huamani, 2024).

El error de medición puede descomponerse en componentes sistemáticos y aleatorios. Mientras el error sistemático afecta la exactitud, el error aleatorio se manifiesta como dispersión de los valores obtenidos y constituye el foco de análisis cuando el interés se centra en la estabilidad del sistema de medición. En estos casos, el coeficiente de variación se emplea como un indicador estadístico adecuado para cuantificar la variabilidad relativa de los datos y comparar la consistencia de diferentes procesos de medición (Montgomery, 2019).

En consecuencia, la evaluación de la estabilidad mediante indicadores de variabilidad permite valorar la confiabilidad operativa de un sistema de adquisición de datos sin pretender una validación metrológica absoluta. Este enfoque resulta apropiado para investigaciones orientadas a la experimentación didáctica, donde la reproducibilidad de las mediciones es un requisito fundamental para el aprendizaje significativo de los fenómenos físicos (Risoul, 2020).

El objetivo del estudio fue evaluar la estabilidad y consistencia de las mediciones obtenidas mediante un software para la adquisición de datos de Física Clásica, utilizando sensores Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) integrados en dispositivos inteligentes. Entonces se obtiene la hipótesis estadística así:

- H_0 : la estabilidad de las mediciones no difiere del umbral de referencia ($CV \geq 5\%$).
- H_1 : la estabilidad de las mediciones es superior al umbral de referencia ($CV < 5\%$).

El coeficiente de variación (CV) fue utilizado como indicador de estabilidad y repetibilidad de las mediciones, al permitir evaluar la dispersión relativa de los datos independientemente de la magnitud medida. En estudios de instrumentación y control experimental, valores de CV inferiores al 5 % son comúnmente aceptados como indicativos de baja variabilidad y adecuada repetibilidad bajo condiciones controladas, particularmente en evaluaciones preliminares de desempeño de sistemas de medición no destinados a calibración metrológica de referencia.

De acuerdo con Montgomery (2019), el CV constituye un criterio apropiado para comparar la estabilidad relativa de procesos de medición, mientras que la norma ISO 5725 establece que la repetibilidad puede evaluarse mediante la variabilidad relativa

cuando las mediciones se realizan bajo condiciones constantes. Asimismo, el National Institute of Standards and Technology (NIST) reconoce el uso del CV como un estadístico descriptivo válido para analizar la consistencia de mediciones repetidas cuando no se dispone de un patrón de referencia (ISO, 2019).

En este estudio, el umbral operativo $CV < 5 \%$ se adoptó como criterio técnico de estabilidad y consistencia, sin que ello implique una evaluación de la exactitud metrológica ni una comparación directa con instrumentos patrón, sino únicamente la verificación de la baja dispersión relativa de los datos generados por el software bajo condiciones experimentales controladas.

2. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de alcance descriptivo y modalidad aplicada, debido a que se evaluó el funcionamiento de un software destinado a la adquisición de datos experimentales de fenómenos de la Física Clásica mediante sensores Micro-Electro-Mecánicos incorporados en dispositivos inteligentes (Álvarez, 2018). La unidad de análisis correspondió a prácticas experimentales asociadas a 30 contenidos de Física Clásica, seleccionadas en función de su compatibilidad con sensores MEMS y su viabilidad operativa en contextos educativos.

Para definir la muestra, se establecieron criterios de inclusión basados en la posibilidad de medir el fenómeno físico mediante sensores MEMS y en la claridad operacional del experimento. Se excluyeron todos los contenidos pertenecientes a Física Moderna y aquellos cuya naturaleza no permitía la medición directa. Asimismo, se eliminaron los experimentos cuyas repeticiones presentaron inconsistencias o variaciones superiores al margen aceptado para la experimentación (Castillo-Castillo et al., 2023). Como resultado, la muestra final estuvo conformada por doce temas compatibles con la aplicación desarrollada.

La recolección de datos se sustentó en tres instrumentos metodológicos: una lista de cotejo destinada a determinar la viabilidad de medición en los treinta temas del currículo de Física Clásica, un protocolo experimental orientado a estandarizar cada procedimiento y una lista de compatibilidad utilizada para seleccionar los experimentos finales. Estos instrumentos fueron sometidos a un proceso de validación mediante juicio de expertos, quienes coincidieron en la pertinencia, claridad y coherencia metodológica de los criterios establecidos para el estudio. Cada experimento se ejecutó siguiendo una secuencia sistemática que incluyó la calibración inicial del sensor correspondiente, la realización del fenómeno físico bajo condiciones controladas y la captura automática de datos a través del software desarrollado. Con el fin de asegurar la reproducibilidad de las mediciones, cada procedimiento experimental se repitió cinco veces y los valores obtenidos fueron almacenados en archivos digitales generados por el programa para su posterior análisis.

Para garantizar la replicabilidad del estudio, los experimentos se realizaron utilizando un dispositivo móvil con sistema operativo Android de gama media, equipado con sensores MEMS integrados de fábrica. Las mediciones se ejecutaron bajo la versión estable del sistema operativo Android instalada en el dispositivo al momento del estudio, empleando una tasa de muestreo constante definida por el software para cada tipo de sensor, acorde con las capacidades del hardware. En todos los casos, cada experimento fue repetido cinco veces consecutivas, manteniendo condiciones experimentales controladas, tales como orientación fija del dispositivo, superficie estable y ausencia de interferencias externas relevantes. La posición y alineación del dispositivo se mantuvieron constantes durante cada serie de mediciones con el fin de reducir variaciones asociadas a cambios de orientación. Este procedimiento permitió obtener conjuntos de datos comparables y consistentes, asegurando la estabilidad de las lecturas registradas y la reproducibilidad del proceso experimental.

Se utilizó la prueba T, la cual no evalúa exactitud ni mejora causal, sino la consistencia global de las mediciones respecto a un valor de referencia.

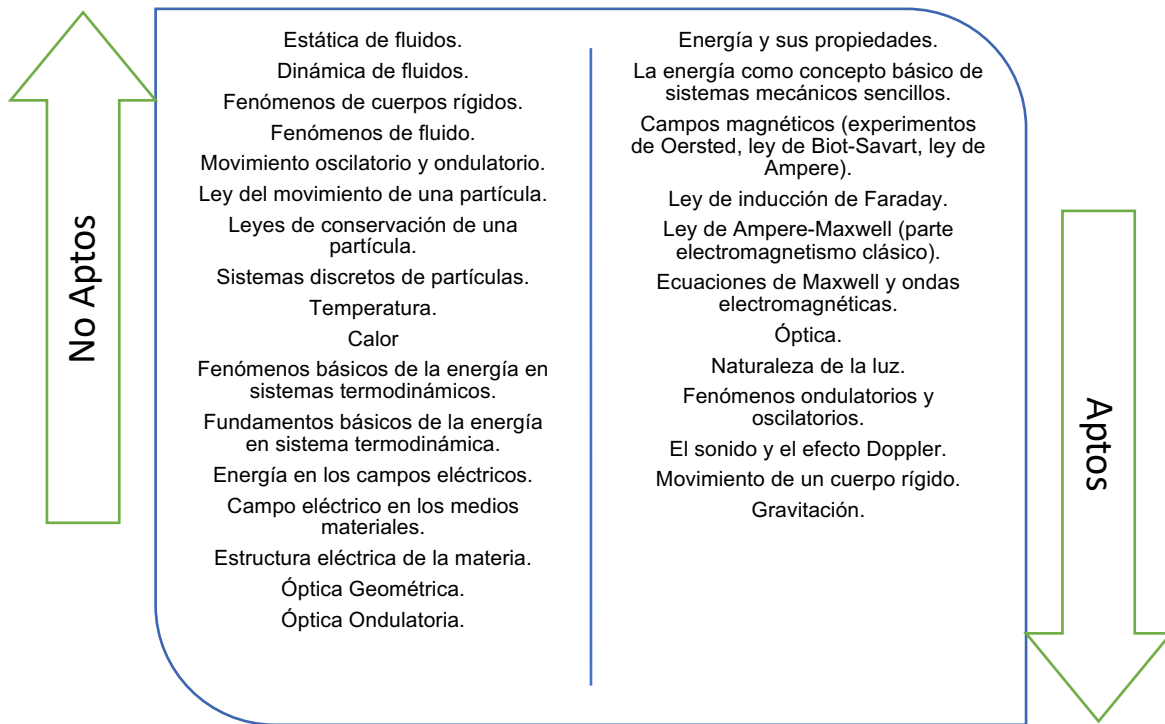
En este estudio, la evaluación del desempeño del sistema se centró en la estabilidad y consistencia de las mediciones. El coeficiente de variación (CV) se utilizó como indicador principal de estabilidad relativa. Adicionalmente, se calculó el Margen de Error Global (ME Global) como una medida descriptiva de la dispersión absoluta de los datos respecto a su valor medio, obtenida a partir de la desviación estándar de cada conjunto de mediciones (Herrera-Sánchez, 2025).

El ME Global no representa una estimación de exactitud metrológica ni de sesgo frente a un valor verdadero, sino un indicador complementario de variabilidad en mediciones repetidas. Dado que las variables analizadas corresponden a distintas magnitudes físicas, este indicador se expresa en las unidades propias de cada medición.

3. Resultados

Una vez aplicado el instrumento, se identificaron los temas hábiles para trabajar en esta investigación. Asimismo, se descartaron previamente los contenidos de Física Moderna, dejando únicamente los de Física Clásica.

Figura 1
Clasificación de prácticas experimentales de Física Clásica según compatibilidad con sensores MEMS



Nota: La figura muestra la clasificación de las prácticas experimentales correspondientes a los contenidos de Física Clásica del currículo universitario, realizada a partir de criterios de compatibilidad con sensores Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) integrados en dispositivos móviles. La categorización consideró la posibilidad de medición directa de la variable física, la estabilidad de las lecturas obtenidas y la viabilidad operativa del experimento en contextos educativos con recursos limitados. A partir de este proceso, se identificaron las prácticas experimentales seleccionadas para el análisis cuantitativo del estudio (Autores, 2026).

Al analizar la funcionalidad de los sensores MEMS sobre experimentación científica en un entorno educativo, se identifican los valores del Coeficiente de Variación y del Margen de Error de cada grupo de contenidos

Tabla 1
Energía y sus propiedades

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta) (lux)
1-5	0.70 %	1.37 lux

Nota: El Margen de Error Global (ME Global) representa una medida descriptiva de la dispersión absoluta de las mediciones respecto a su valor medio y no corresponde a un error metrológico frente a un instrumento patrón (Autores, 2026).

Presentó un desempeño estable bajo condiciones de luz controlada y movimientos controlados. Ideal para luz tenue a intensa y movimientos lentos. Para lecturas continuas o calibración.

Tabla 2*La energía como concepto básico de sistemas mecánicos sencillos*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta) (m/s ²)
6–9	1.67	0.0072

Nota: (Autores, 2026).

Funciona muy bien para movimientos suaves a moderados y caídas controladas. El uso de promedios de varias lecturas contribuyó a reducir la dispersión de las mediciones y mantener trayectoria controlada del carrito o soporte.

Tabla 3*Campos magnéticos*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta) (Oe)
10–14	2.47	0.66 Oe

Nota: (Autores, 2026).

Presentó un desempeño estable en la detección de campos magnéticos cercanos y lejanos. Mantener distancia constante para lecturas precisas; mover lentamente mejora consistencia en campos débiles.

Tabla 4*Ley de inducción de Faraday*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta) (Oe)
15–18	4.26	0.58 Oe

Nota: (Autores, 2026).

Ideal para detectar cambios de campo magnético con imanes débiles y fuertes. Movimientos lentos generan lecturas suaves; movimientos rápidos permiten detectar picos máximos con buena precisión.

Este grupo presentó la menor consistencia general con un CV de 4.26%, lo que indica la complejidad inherente a la medición dinámica y la dependencia temporal de la Ley de Faraday. El alto CV limita la facilidad de repetibilidad simple, pero el bajo margen de error de 0.58 Oe refleja que el sensor puede detectar los picos de inducción.

Tabla 5*Ley de Ampere-Maxwell (parte electromagnetismo clásico)*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta) (Oe)
19–22	3.95	0.72 Oe

Nota: (Autores, 2026).

Funciona bien para detección de campos magnéticos de baja a alta intensidad. Mantener distancia y alineación constante; ideal para calibración y medición de referencias de campo.

Los resultados arrojaron un CV de 3.95% y el mayor margen de error magnético de 0.72 Oe, lo que indica la funcionalidad para medir campos con un margen de error aceptable para la experimentación.

Tabla 6*Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta) (dBm)
23–27	1.08	0.43 dBm

Nota: (Autores, 2026).

Resulta adecuado para la detección de señales RF débiles, medias y fuertes. Mantener orientación constante mejora consistencia; promedio de lecturas recomendado para señales variables.

Tabla 7*Óptica*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta) (lux)
28–32	0.44	0.92 lux

Nota: (Autores, 2026).

Resulta adecuado para la medición de luz reflejada, transmitida y difractada. Mantener distancia y ángulo constantes para lecturas precisas; útil en experimentos de refracción y difracción con intensidad controlada.

El sensor de luz mostró una alta estabilidad en las mediciones, reflejada en un coeficiente de variación de 0.44% y un bajo nivel de dispersión absoluta (ME Global = 0.92 lux). Estos resultados evidencian una baja variabilidad relativa y una adecuada repetibilidad bajo condiciones controladas, lo que permite utilizar los datos obtenidos para la experimentación didáctica en óptica geométrica. La estabilidad observada favorece el análisis comparativo con modelos teóricos y la replicación de prácticas experimentales en el aula universitaria.

Tabla 8*Naturaleza de la luz*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta) (lux)
33–37	0.32	0.61 lux

Nota: (Autores, 2026).

Ideal para medición de luz reflejada, refractada y difractada con distintos ángulos y tipos de haz. Mantener alineación lineal o circular según experimentos.

Este grupo obtuvo la mayor consistencia global con un CV de 0.32% y un margen de error de 0.61 lux, lo que indica la alta consistencia del sensor para estudiar la Naturaleza de la Luz.

Tabla 9*Ondulatorios y oscilatorios*

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta)
38–42	1.17	0.0071 m/s ² (acelerómetro), 0.22 dB (micrófono)

Nota: (Autores, 2026).

Ideal para medición de vibraciones y sonidos de baja y alta frecuencia. Mantener orientación y amplitud constantes; promedio de lecturas mejora precisión.

La combinación de sensores mostró un CV global de 1.17% y un margen de error mínimo de 0.22 dB para el micrófono, lo que valida la utilidad de los MEMS para estudiar las oscilaciones y vibraciones.

Tabla 10

El sonido y el efecto Doppler

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta)
43–46	0.98 / 0.54	0.44 dB / 0.56 Hz

Nota: (Autores, 2026).

Ideal para medición de sonidos y efectos Doppler; registrar amplitud y frecuencia de manera consistente, considerando movimientos lentos o rápidos de la fuente.

Los resultados mostraron una mejor consistencia en frecuencia (CV de 0.54%) que en intensidad (CV de 0.98%), y un margen de error bajo de 0.56 Hz, lo que indica la capacidad del sensor acústico para analizar el espectro de frecuencias del sonido.

Tabla 11

Movimiento de un cuerpo rígido

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta)
47–51	0.79 / 0.59	0.0145 m/s ² / 0.0085 rad/s

Nota: (Autores, 2026).

Ideal para medición de traslación y rotación en rampas; registrar aceleración y velocidad angular

El giroscopio presentó la mayor consistencia del movimiento (CV de 0.59%) y una baja dispersión en las mediciones (ME Global = 0.0085 rad/s), lo que indica la utilidad de la combinación de sensores para estudiar sistemas con múltiples grados de libertad.

Tabla 12

Gravitación

Grupo	CV Global (%)	ME Global (dispersión absoluta)
52–56	0.62 / 0.54	0.022 m/s ² / 0.0055 rad/s

Nota: (Autores, 2026).

Adecuado para mediciones de aceleración y rotación en caída y rampa; registrar considerando peso y altura del objeto.

El giroscopio mostró la menor dispersión absoluta en las mediciones de rotación (ME Global = 0.0055 rad/s) y una alta consistencia en la aceleración registrada (CV = 0.62%), lo que evidencia una adecuada estabilidad operativa del sensor bajo condiciones controladas. Estos resultados indican la viabilidad del uso del sistema para el análisis experimental de trayectorias y movimientos gravitacionales en contextos educativos, sin pretender una estimación de exactitud metrológica frente a instrumentos patrón.

4. Discusión

Es importante señalar que los resultados obtenidos deben interpretarse exclusivamente en términos de estabilidad y consistencia de las mediciones. La ausencia de una comparación directa con instrumentos patrón impide evaluar el sesgo o la exactitud metrológica del sistema. No obstante, esta limitación no invalida el uso de los datos para fines educativos, donde la reproducibilidad de las mediciones y el análisis de la variabilidad constituyen elementos centrales del aprendizaje experimental.

Desde una perspectiva metodológica, es necesario distinguir entre indicadores técnicos de estabilidad de medición y resultados asociados al desempeño académico o al desarrollo de habilidades científicas. Los coeficientes de variación y los márgenes de dispersión analizados en este estudio describen el comportamiento del sistema de adquisición de datos y no constituyen, por sí mismos, medidas de aprendizaje. No obstante, la estabilidad y consistencia de las mediciones representan una condición habilitante para la implementación de prácticas experimentales reproducibles, las cuales, según la literatura educativa, se asocian con mejoras en los procesos de enseñanza y aprendizaje cuando son integradas mediante estrategias pedagógicas adecuadas.

El bajo coeficiente de variación observado en las mediciones de intensidad luminosa evidencia una alta estabilidad operativa del sistema bajo condiciones controladas. Si bien estos indicadores no son directamente comparables con puntajes de desempeño académico reportados en otros estudios, la consistencia de los datos obtenidos facilita la repetición de prácticas experimentales y el análisis empírico de fenómenos físicos. En este sentido, investigaciones previas han mostrado que la disponibilidad de datos experimentales confiables, integrados mediante aplicaciones como Phyphox, se asocia con el fortalecimiento de habilidades científicas en contextos educativos (Evains et al., 2024; Mattivi et al., 2025).

El acelerómetro exhibió una baja dispersión absoluta en las mediciones ($ME_{Global} = 0.0072 \text{ m/s}^2$), junto con una variabilidad relativa de 1.67%, lo que refleja una adecuada estabilidad operativa del sensor bajo condiciones controladas (Mattivi et al., 2025).

Los experimentos de Campos Magnéticos arrojaron una variabilidad de 2.47% y un margen de error de 0.66 Oe, una consistencia moderada que indica la funcionalidad para detectar campos vectoriales. La dispersión absoluta de 0.66 Oe evidencia limitaciones en la consistencia de mediciones rápidas, asociadas a la naturaleza dinámica del fenómeno en mediciones rápidas, pero refleja el desarrollo de aplicaciones para cubrir los contenidos de energía, considerado 'Muy Importante' por el 80% de los encuestados (Vílchez et al., 2023). La posibilidad de usar un sensor real, aunque solo esté en el 19% de los dispositivos (Mattivi et al., 2025), amplía las alternativas disponibles más allá del uso exclusivo de simuladores virtuales.

La detección de señales RF mostró un CV de 1.08% y un margen de error de 0.43 dBm, una excelente consistencia que evidencia la capacidad del sensor para estudiar la propagación de ondas electromagnéticas. El bajo CV no permite concluir la existencia de una alta interferencia ambiental incontrolable. La baja dispersión absoluta observada en las mediciones (ME Global = 0.43 dBm) indica la factibilidad del sistema para el estudio de fenómenos asociados a la propagación de ondas electromagnéticas en contextos educativos.

Por último, se aplicó una triangulación directa a los resultados obtenidos mediante el instrumento de investigación. Asimismo, esta triangulación permitió abordar de manera efectiva la variable interviniente "Compatibilidad del software con sensores tipo MEMS". Por consiguiente, se compararon y analizaron los resultados de investigaciones previas, la información teórica recopilada en el Marco Teórico y los hallazgos obtenidos en esta investigación, utilizando herramientas de estadística descriptiva para organizar, sintetizar y fundamentar el análisis de manera cuantitativa. No obstante, no se encontraron investigaciones que llevarán la misma temática de este instrumento.

El desempeño técnico del software, evidenciado por la estabilidad de las mediciones y la compatibilidad con sensores MEMS, establece condiciones favorables para la implementación de experiencias experimentales consistentes (Mattivi et al., 2025; Staacks et al., 2025). Cuando estas herramientas se integran en diseños didácticos adecuados, estudios previos han reportado mejoras en el desarrollo de habilidades científicas, lo que sugiere un potencial pedagógico que deberá ser evaluado de manera directa en investigaciones futuras (Evains et al., 2024).

La compatibilidad total (1 en "Integración Correcta") en el 100% de los casos, abarcando Android 22 hasta Android 34, evidencia que el software puede emplearse como herramienta de apoyo experimental en contenidos como la Fuerza de Lorentz y la Energía luminosa, en coherencia con el objetivo de evaluar la estabilidad y consistencia de las mediciones. Al demostrar la confiabilidad técnica en las mediciones, el estudio se alinea con la aceptación pedagógica que 525 estudiantes nicaragüenses ya habían manifestado hacia el uso didáctico del smartphone (López-Noguero et al., 2023).

Se aplicó una prueba t de una muestra para contrastar el CV medio con el umbral del 5%. Con $n=12$, se obtuvo $t = -8.99$, $gl = 11$, $p < 0.001$ y $d = -2.60$, indicando una estabilidad significativamente superior al valor de referencia.

5. Conclusiones

La investigación permitió constatar que el software basado en sensores Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) genera mediciones con niveles adecuados de estabilidad y consistencia para su uso en la experimentación de la Física Clásica en contextos educativos. Los coeficientes de variación obtenidos en las prácticas analizadas se

mantuvieron por debajo del umbral de referencia establecido, lo que indica una baja dispersión relativa y una adecuada repetibilidad de las mediciones bajo condiciones controladas.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio evidencia que el empleo de protocolos experimentales estandarizados y dispositivos móviles de uso cotidiano posibilita la obtención de datos experimentales confiables en términos de estabilidad, aun cuando no se pretende estimar la exactitud absoluta respecto a instrumentos patrón. Este enfoque resulta pertinente para la enseñanza universitaria, donde la reproducibilidad y la consistencia de las mediciones son elementos clave para la comprensión de los fenómenos físicos.

En el ámbito educativo, los resultados respaldan el uso de herramientas digitales basadas en MEMS como una alternativa viable para ampliar las prácticas experimentales en instituciones con limitaciones de infraestructura. No obstante, se reconoce que el alcance del estudio está condicionado por el tipo de dispositivo utilizado y por la ausencia de comparaciones metrológicas directas, por lo que futuras investigaciones deberán profundizar en la validación técnica y en el impacto pedagógico de estas tecnologías en el aprendizaje de la Física.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, L. G., & Meléndez, A. (2024). Implementación de un Sistema de Medición Meteorológica para el Análisis de Datos. *RICT Revista de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación*, 2(1), 47-55. <https://revista.ccaitec.com/index.php/ridt/article/view/62>
- Alarcón, K. L. (2022). Desarrollo de un instrumento autosustentable para la medición indirecta y registro de datos de irradiancia solar basado en sensores de silicio. [Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/3f3e59b7-3049-48a7-9b17-d02deb39e19d>
- Álvarez, C. (2018). *Manual de metodología de la investigación científica*. URRACAN. <http://repositorio.uraccan.edu.ni/579/1/Manual%20metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf>
- Bravo-Bravo, I. F. (2023). Aplicación de blockchain en la trazabilidad de la cadena de suministro. *Revista Científica Ciencia y Método*, 1(2), 1-14. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v1/n2/11>
- Castillo-Castillo, K. I., Hernández-Meza, G. A., & Herrera Castrillo, C. J. (2023). Estado del Arte de Investigaciones referente a Física Clásica y Moderna en el Período

- 2016 – 2021. *Educación Superior*, 22(35), 65-83. <https://doi.org/10.56918/es.2023.i35.pp65-83>
- Castrillo, C. J., & Fuentes, D. J. (2023). Competencias Científicas y Tecnológicas en el Trabajo Práctico Experimental de Electricidad. *Revista Multi-Ensayos*, 9(17), 3-18. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v9i17.15737>
- Denis, D., Cruz Flores, D. D., Ferrer-Sánchez, Y., & Felipe Tamé, F. L. (2021). Potencialidades de los celulares inteligentes para investigaciones biológicas - Potencialidades de los teléfonos inteligentes para investigaciones biológicas. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 42(1), 77-91. <https://www.jstor.org/stable/48672477>
- Evains, A. C., Anggereni, S., & Lanto, M. S. (2024, Febrero 11). Enhancing Science Process Skills in Physics Education: The Impact of the Phyphox Smartphone Application in High School Laboratories. *IMPULSE: Journal of Research and Innovation in Physics Education*, 3, 9-18. <https://doi.org/10.14421/impulse.2023.31-02>
- García-Peña, V. R. (2023). Desarrollo y Uso de Aplicaciones Móviles en el Contexto Ecuatoriano. *Revista Científica Zambos*, 2(3), 1-15. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n3/46>
- Han, X., Huang, M., Wu, Z., Gao, Y., Xia, Y., Yang, P., . . . Jiang, Z. (2023). Avances en sensores de presión MEMS de alto rendimiento: diseño, fabricación y embalaje. *Microsistemas y nanoingeniería*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41378-023-00620-1>
- Herrera, C. J., & Castellón, M. G. (2025). Beneficios y desafíos del uso de simuladores interactivos en la enseñanza de la Física. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria*, 13(26), 1-13. <https://doi.org/10.29057/prepa4.v13i26.14436>
- Herrera-Castrillo, C. J., & Hernández, D. A. (2023). Aplicaciones del modelo heurístico “ DONALD ” en el Curso de Laboratorio de Matemática. *EducaT: Educación virtual, Innovación y Tecnologías*, 4(2), 61-76. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9673906>
- Herrera-Sánchez, D. J. (2025). Eficiencia de los sistemas de cultivo hidropónico en entornos urbanos. *Revista Científica Ciencia y Método*, 3(2), 15-29. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n2/2>
- Huamani, F. (2024). Implementación de tecnología de sensores de proximidad para reducir riesgos en la mina Andaychagua. [Tesis de Grado. Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15670>
- Inertial Labs. (2023). *Accelerometers: The Quintessence of Modern Inertial Navigation [Acelerómetros: la quintaesencia de la navegación inercial moderna]*. <https://inertiallabs.com/accelerometers-the-quintessence-of-modern-inertial-navigation/#:~:text=Los%20aceler%C3%B3metros%20desempe%C3%B1an%20un%20papel,y%20la%20precisi%C3%B3n%20es%20fundamental>
- ISO. (2019). ISO 5725-1: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1: General principles and definitions. International

- Organization for Standardization. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5725:-1:ed-2:v1:en>
- Lizarraga-Aguirre, H. R. (2024). Evaluación de materiales sostenibles en la construcción de pavimentos urbano. *Revista Científica Ciencia y Método*, 2(1), 41-54. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v2/n1/30>
- López-Freire, S. A., & Lizarraga-Aguirre, H. R. (2023). Implementación de robótica blanda en procesos de ensamblaje automatizados. *Revista Científica Ciencia y Método*, 1(2), 58-71. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v1/n2/15>
- López-Noguero, F., Romero-Díaz, T., & Gallardo-López, J. A. (2023). Smartphone como herramienta de enseñanza-aprendizaje en Educación Superior en Nicaragua. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 307-330. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34016>
- Mattivi, F. M., Michajlowa, C. J., & Mattivi, M. d. (2025). Uso del celular para medir variables físicas en la Facultad de Ingeniería. *JIDeTEV*, 14. <https://autoresjidetev.fio.unam.edu.ar/index.php/jidetev/article/view/42>
- Medina, J. L. (2014). Estudio de metodologías de diseño y fabricación de interruptores y capacitores MEMS de RF y microondas. [Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California]. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/250>
- Mercado, F. M. (2024). Modelo Tecno-Pedagógico B- Learning Para El Aprendizaje Universitario A nivel De Grado en Nicaragua. [Tesis de Grado. Repositorio Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado]. Managua. <http://repositorio.unicit.edu.ni/70/1/Modelo%20Tecno-Pedag%C3%B3gico%20b-Learning%20para%20el%20aprendizaje%20Universitario%20a%20nivel%20de%20Grado%20en%20Nicaragua.pdf>
- Montgomery, D. (2019). *Introduction to statistical quality control (8th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Montoya, I. M. (2015). Experimentación de estrategias metodológicas para el aprendizaje del Principio de conservación de la energía con estudiantes de décimo grado del Colegio Rural El Rosario del municipio de Pueblo Nuevo, durante el segundo semestre 2014. [Tesis de Grado. Repositorio de la UNAN-Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/806/1/16443.pdf>
- Risoul. (2020). *Medición por efecto Coriolis en la industria*. <https://www.risoul.com.mx/blog/medicion-por-efecto-coriolis-en-la-industria#:~:text=El%20efecto%20Coriolis%20es%20un,y%20nuestros%20equipos%20de%20medici%C3%B3n>
- Samueza-Umaquina, M. C., Medina-Macas, L. H., Padilla-Sevillano, J. A., Lema-Pillajo, D. A., & Miranda-Asto, V. R. (2025). El impacto del Diseño Universal para el Aprendizaje en la implementación de metodologías activas con apoyo tecnológico. *Revista Científica Ciencia y Método*, 3(4), 41-53. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n4/91>

- Solano-Gutiérrez, G. A. (2024). La Tecnología en la Educación a Distancia: Revisión de Progresos y Obstáculos a Superar. *Revista Científica Zambos*, 3(2), 48-73. <https://doi.org/10.69484/rcz/v3/n2/17>
- Staacks, S., Dorsel, D., Krampe, A., Hagedorn, M., Leier, E., Heinke, H., & Christoph, S. (2025). Bluetooth sensors in phyphox with Arduino and MicroPython: paving the way from an idea to an experiment for teachers and learners. *Physics Education*, 60, 1-8. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/adb5f>
- UNAN-Managua. (15 de Junio de 2024). Marcos Vílchez, ciencia e investigación, para un aprendizaje significativo. <https://www.unan.edu.ni/index.php/vida-universitaria/marcos-vilchez-ciencia-e-investigacion-para-un-aprendizaje-significativo.odp>
- Vectornav. (2025). MEMS Operation. <https://www.vectornav.com/resources/inertial-navigation-primer/theory-of-operation/theory-mems#:~:text=vibraciones%20e%20inclinaci%C3%B3n.-,Magnet%C3%B3metros%20MEMS,magn%C3%A9tico%20creado%20por%20objetos%20ceranos>
- Vílchez, M. I., López, E., Hernández, P. B., & Herrera, C. J. (2023). Aplicación móvil “Tamímetro” para el aprendizaje de la energía en estudiantes de educación secundaria. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 23(40), 1-15. <https://doi.org/10.47189/rcct.v23i40.634>