

# Uso alterno del cronómetro de un teléfono celular en la medición del período de oscilación de un péndulo para experimentación en educación a distancia



ISSN 1870-9095

**Terrazas-Bandala Luisa Piroshka<sup>1</sup>, Robles-Venzor Julio César<sup>1</sup>, Zapata-Chávez Emiliano<sup>1</sup>, Nápoles-Duarte José Manuel<sup>1</sup>, Manjarrez-Nevárez Laura Alicia<sup>1</sup>, Méndez-Aguirre José Salvador Antonio<sup>2</sup>, Chávez-Rojo Marco Antonio<sup>1</sup>, De la Vega-Cobos Carlos Armando<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Nuevo Campus Universitario. Apartado Postal 1542-C.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Chihuahua. Av. Teófilo Borunda No. 13200 Col. Labor de Terrazas, Chihuahua, Chih. C.P. 31220.

E-mail. lpterrazas@uach.mx

(Recibido el 12 de diciembre de 2020, aceptado el 28 de febrero de 2021)

## Resumen

La escasez de equipo especializado es uno de los obstáculos que se presentan en la práctica docente en el área de la física básica. Aunado a esta problemática bien conocida, se suma la situación presente desde marzo del 2020, en donde muchas de las instituciones de educación fueron forzadas a cerrar sus instalaciones debido a la pandemia mundial por el SARS-COV-2, por lo que los programas se han modificado para implementar la educación a distancia. El propósito de este trabajo es proponer la utilización del cronómetro de un teléfono celular para la medición del periodo de un péndulo. Se presenta un análisis estadístico del error introducido al realizar mediciones temporales en el laboratorio de Física, utilizando un cronómetro digital y/o un cronómetro de un teléfono celular, en comparación con los equipos especializados de laboratorio. Se determinó el periodo de oscilación de un péndulo simple usando siempre una amplitud de  $10^\circ$ , empleando un sistema de oscilación con sensor opto-electrónico de construcción nacional (FICER®) y se repitió el experimento utilizando el cronómetro de un teléfono móvil. Las mediciones de los periodos se hicieron por triplicado a diferentes longitudes del péndulo, siendo éstas desde 0.30 m hasta 1.30 m. Se demostró que el error experimental al utilizar el cronómetro digital, disminuye considerablemente al aumentar el número de repeticiones, al grado de obtener los mismos resultados que con el equipo especializado, por lo que se puede recomendar el uso exhaustivo de cronómetros digitales en prácticas de laboratorio de Física, sin que esto implique una disminución en la precisión de las mediciones.

**Palabras clave:** Error e Incertidumbre, periodo de oscilación de péndulo simple, cronometro digital.

## Abstract

The lack of specialized equipment is an obstacle that arise in teaching practice in the area of basic physics. We can add to this well-known problem the current pandemic situation due to SARS-COV-2, where most of the school institutes were force to close and educational programs had to be modified to implement distant teaching. The aim of this work is to propose the use of the chronometer of a cell phone to measure a pendulum period. Error introduced statistical analysis when performing time measurements in the Physics laboratory is presented, using a digital stopwatch and/or a cell phone stopwatch, compared to specialized laboratory equipment. In particular, simple pendulum oscillation period was determined, always using 10 degrees amplitude, using a nationally constructed optoelectronic sensor oscillation system, and the experiment was repeated using a mobile phone chronometer. Periods measurements were made in triplicate to different pendulum lengths, from 0.30 m to 1.30 m. It was shown that the error due to using the digital chronometer, decreases considerably by increasing the number of repetitions, to the extent that the same results can be obtained as with the specialized equipment, so digital chronometers comprehensive use in physics laboratory practices is proposed, without decrease in measurements accuracy.

**Keywords:** Error and Uncertainty, simple pendulum oscillation period, digital chronometer.

## I. INTRODUCCIÓN

En la práctica docente de los temas básicos de Física, es de suma importancia complementar los conocimientos teóricos y resolución de problemas tradicionales, con la implementación de prácticas de laboratorio, donde los alumnos puedan comprobar los modelos estudiados, y poner a prueba las Leyes de la Física. Sin embargo, para la realización de estos experimentos suelen presentarse múltiples obstáculos, entre los cuales se encuentra la falta de equipo especializado en laboratorio, lo que dificulta que se realice el trabajo de manera eficiente. En algunas instituciones se considera que para realizar demostraciones con precisión se requieren equipos costosos y especializados [1]. Debido a los altos costos que representan la infraestructura y materiales, los equipos especializados se consideran como “lujos” que están más allá de las posibilidades de las instituciones [2]. Es por eso que para muchas instituciones educativas es cada vez más difícil actualizar y mantener un laboratorio de Física.

Los altos costos de los equipos hacen que las ciencias experimentales como la física y la química, se enseñen por transmisión oral o escrita sin la posibilidad de manipulación de los objetos o fenómenos a los que éstas disciplinas se refieren, lo que genera una carencia fundamental en el aprendizaje de las ciencias, reduciéndose a la resolución de problemas de papel y lápiz, muchas veces alejados de la realidad cotidiana, lo que lleva a los estudiantes a una inhibición de la curiosidad innata por lo que se ve disminuida la motivación e interés en estas disciplinas.[1].

Aunado a esta problemática bien conocida, se suma la situación presente desde marzo del 2020, en donde muchas de las instituciones de educación fueron forzadas a cerrar sus instalaciones debido a la pandemia mundial por el Sars-Covid-19, por lo que los programas académicos se han tonado 100% virtuales, llevándose a cabo a distancia.

Esta situación ha forzado a maestros de todos los niveles a desarrollar nuevas y creativas formas para la realización de experimentos caseros, para lograr aprendizajes completos.

La carencia de instrumentos de laboratorio podría ya no ser una excusa, puesto que las tecnologías de información han permeado a todos los sectores de la sociedad, especialmente en el ámbito educativo y estas pueden favorecer los aprendizajes en el aula de clase, en el laboratorio [3] y en la situación actual en los hogares que se han tornado escuelas a distancia.

En los últimos años ha aumentado el uso de teléfonos celulares (smartphones) por estudiantes de nivel medio superior y superior, en las actividades propias del aprendizaje, aunque cabe hacer mención que son mucho más utilizados para compartir imágenes, escuchar música e integrarse a redes sociales [2, 4]. Es importante señalar que en algunos países europeos el uso de smartphones se ha generalizado de tal forma que el 87% de los teléfonos usados son smartphones y la mayoría de éstos cuentan con sistema *Android*, además que un alto porcentaje de jóvenes entre los 10 y los 14 años ya cuentan con un equipo de última generación, lo que indica que el uso de los smartphones y sus

numerosas aplicaciones han llegado para quedarse en la sociedad actual [5].

Dado que en muchas instituciones existen restricciones o prohibiciones en el uso de los smartphones [5], se presenta el reto para que los teléfonos celulares se utilicen como una herramienta de apoyo didáctico, y que al darle un buen uso se convierta en un laboratorio portátil, siempre contando con la supervisión del docente. Un obstáculo que se presenta en el uso de los smartphones, es que algunas de las aplicaciones (apps) no cuentan con instrucciones claras para su uso, lo que restringe que sean explotadas en todo su potencial para la promoción de la práctica científica. Sin embargo, se pueden hacer búsquedas de cursos para docentes que ya empiezan a impartirse en sitios conocidos de videos [3].

El uso de los teléfonos celulares, tabletas y otros, pueden ayudar a la investigación de fenómenos naturales y pueden utilizarse en las prácticas de laboratorio para realizar experimentos interesantes con distintos grados de dificultad, que se pueden realizar no solamente en el aula, sino en lugares públicos como plazas, parques, etc, lo que permite al estudiante ser protagonista y aprender de sus propias experiencias [1] con la finalidad de adquirir destrezas y habilidades en el saber conocer, saber hacer y saber ser[4].

Otra ventaja en el uso de los Smartphones es que muchas de las aplicaciones son de uso libre. En el caso del sistema operativo *Android* se puede mencionar entre otras la Frequency Sound Generator, Smart Measure, Physics Toolbox, Androsensor, Camera Ruler, Angle Meter, Science Journal y ON Distance. Estas aplicaciones permiten medir diferentes magnitudes físicas como longitudes, aceleraciones, velocidades angulares, iluminación, proximidad, nivel de sonido, campo magnético, etc.

Otros campos de estudio de la física donde se han utilizado los Smartphones, son electromagnetismo, óptica, oscilaciones y ondas, e incluso se han reportado experimentos de momento angular con equipos que cuentan con sensor de velocidad angular o giroscopio. Existen equipos que cuentan con sensores más especializados como el denominado sistema electromecánico micromecanizado (MEMS) que miden la fuerza de Coriolis en un cuerpo vibratorio. Estos sensores proporcionan lecturas directas de la velocidad angular del teléfono inteligente en relación con los ejes predefinidos fijados en el marco de referencia del dispositivo [6, 4].

Los smartphones también se han utilizado para estudiar el efecto Doppler, fenómeno que se presenta en toda clase de ondas, y que es importante abordarlo de una manera más sencilla a través de sonidos a ciertas frecuencias. Di Lacio J. L. *et al*, [7] realizaron un estudio cuantitativamente de las características básicas del efecto Doppler usando dos smartphones acoplados en el extremo de un péndulo. Este tipo de experimentos son de bajo costos, con conceptos simples y que permite hacer mediciones en un laboratorio de enseñanza.

Algunos autores señalan que, si el propósito de una práctica es hacer la medición del periodo de una oscilación, es mejor utilizar un cronómetro en lugar de un smartphone, sin embargo, se sabe que un smartphone genera mucha más información que un cronómetro además de la oportunidad de aprendizaje [8].

En el presente trabajo se propone la utilización del cronometro de un teléfono celular para la medición del periodo de oscilación en el régimen de ángulos pequeños, descrito por la ecuación del oscilador armónico

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta. \quad (1)$$

Con el objetivo de calcular la aceleración de la gravedad como estrategia de enseñanza en el laboratorio de Física Básica.

## II. METODOLOGÍA

Se utilizó un equipo de oscilaciones mecánicas de fabricación nacional (FICER®) que cuenta con contador digital del periodo de oscilación de un péndulo.

Se emplearon 21 diferentes longitudes para el péndulo, desde 30 cm hasta 1.3 m, en intervalos de 5 cm.

Se realizaron 20 oscilaciones para cada longitud, registrándose el tiempo total, para calcular el periodo de oscilación (T) dividiendo el tiempo total entre 20. El periodo de oscilación está dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \quad (2)$$

donde, L es el largo del péndulo, y g es la aceleración causada por la fuerza de gravedad.

El tiempo se registró por separado utilizando el contador digital incluido en el equipo especializado, el cual tiene una precisión de 0.0001 segundos, y utilizando un cronómetro digital de teléfono celular (móvil), cuya precisión es de 0.01 segundos.

Todas las mediciones se relación por triplicado y los promedios de los valores obtenidos de T<sup>2</sup> y se graficaron para determinar la linealidad.

El valor de la aceleración de la gravedad se calculó a partir de los periodos obtenidos correspondientes a cada longitud de péndulo.

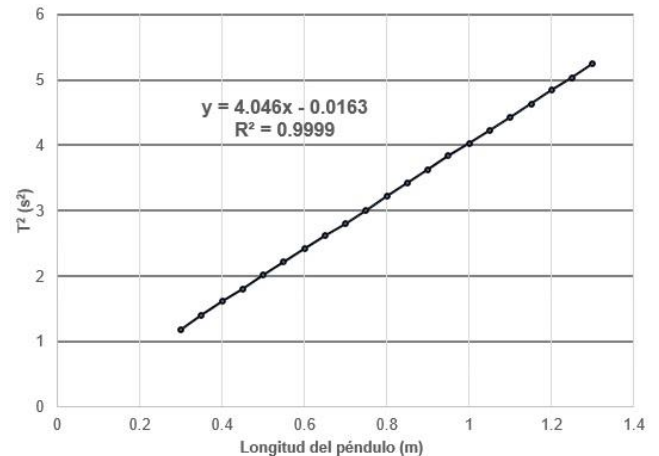
## III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

El tiempo de cada oscilación completa se denomina periodo (T), en la TABLA No 1 se presentan los datos obtenidos del cuadrado del periodo de una oscilación tanto para los valores medidos por el cronómetro digital del equipo, como los medidos por el cronómetro del teléfono móvil, correspondientes a cada una de las longitudes del péndulo. Los valores del promedio de T<sup>2</sup>, se analizaron estadísticamente con la intención de determinar la linealidad de la dependencia en la longitud tanto para el cronómetro digital como para el cronómetro del teléfono celular.

**TABLA I.** Valores de t<sup>2</sup> para el periodo de una oscilación de cronómetro digital y cronometro de teléfono móvil.

longitud del péndulo (m)	Valores de T <sup>2</sup> obtenidos con cronometro digital			Promedio de T <sup>2</sup>	Valores de T <sup>2</sup> obtenidos con cronometro digital de teléfono celular			Promedio de T <sup>2</sup>
0.3	1.187871	1.174937	1.17498	1.1792627	1.204235	1.197822	1.204397	1.194537
0.35	1.404877	1.404853	1.404841	1.4048571	1.432053	1.452469	1.45006	1.428985
0.4	1.613154	1.613179	1.613256	1.6131963	1.6336	1.629768	1.679935	1.642264
0.45	1.802212	1.802253	1.802279	1.802279	1.884358	1.880242	1.796187	1.827608
0.5	2.015775	2.01586	2.015889	2.0158415	2.088756	2.082977	2.088754	2.064466
0.55	2.216704	2.216704	2.216704	2.2167041	2.285809	2.282786	2.27373	2.258748
0.6	2.418072	2.418181	2.418165	2.418139	2.52353	2.50292	2.507668	2.483121
0.65	2.615578	2.615562	2.615611	2.6155838	2.713545	2.692173	2.710251	2.679802
0.7	2.800268	2.798477	2.798494	2.7990796	2.893682	2.880112	2.866551	2.852909
0.75	3.002786	3.002769	3.002838	3.002798	3.095275	3.082972	3.089998	3.062704
0.8	3.219638	3.219602	3.219602	3.2196142	3.292667	3.296298	3.296298	3.269522
0.85	3.423351	3.423518	3.423481	3.4234497	3.526404	3.526402	3.505776	3.48522
0.9	3.630168	3.630378	3.630435	3.6303269	3.710184	3.727537	3.721747	3.687455
0.95	3.842423	3.842462	3.842482	3.8424559	3.936246	3.936245	3.946171	3.9083
1	4.029615	4.029695	4.029675	4.0296615	4.146956	4.165303	4.151029	4.10922
1.05	4.227136	4.227157	4.227198	4.2271634	4.354734	4.340139	4.335973	4.305968
1.1	4.426921	4.427068	4.426984	4.4269913	4.544144	4.569758	4.544143	4.50509
1.15	4.634139	4.634096	4.634053	4.6340958	4.763704	4.744082	4.720154	4.70597
1.2	4.842398	4.842376	4.842376	4.8423836	4.950595	4.957272	4.946146	4.913039
1.25	5.037197	5.037152	5.037174	5.0371743	5.182204	5.159465	5.118659	5.112679
1.3	5.24875	5.248612	5.248589	5.2486505	5.254925	5.356275	5.367853	5.290456

La Figura No.1 muestra los datos para el cronómetro digital del equipo FICER®, donde se puede observar una regresión lineal casi perfecta con valor de R<sup>2</sup>=0.9999

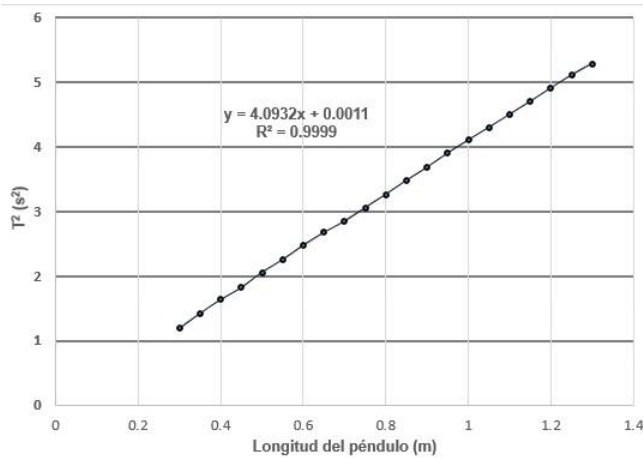


**FIGURA 1.** Ajuste lineal de los datos experimentales para cronómetro digital.

La figura No2. Muestra la correlación entre las longitudes del péndulo y el periodo cuadrado para las mediciones con el cronometro del teléfono móvil. Y se puede observar que igualmente la regresión es casi perfecta con R<sup>2</sup>= 0.9999

Los valores obtenidos para el periodo se utilizaron de acuerdo a la ecuación (2) para calcular el valor de la aceleración de la gravedad.

Para el cronometro digital FISCER® se obtiene un valor promedio de g= 9.818 m/s<sup>2</sup> con una desviación estándar de 0.058. Para el cronometro del teléfono celular el valor promedio de g= 9.74 m/s<sup>2</sup> con una desviación estándar de 0.075.



**FIGURA 2.** Ajuste lineal de los datos experimentales para cronómetro de teléfono celular.

Ambos resultados son completamente aceptables como valores de referencia, y la pequeña discrepancia del valor obtenido con el cronómetro del teléfono móvil siempre se puede adjudicar a la habilidad del operario (alumno) para tomar el tiempo. A este respecto se sugiere, un entrenamiento en el uso del cronómetro del teléfono móvil antes de realizar el experimento.

Con un análisis más detallado de los resultados es posible observar que la longitud del péndulo tiene un efecto mínimo pero apreciable con el cálculo final de la aceleración “g”, ya que la fricción del aire durante las 20 oscilaciones provoca una disminución en el valor esperado.

Se sugiere que, al presentar a los alumnos con una guía para la realización del experimento, ya sea en el laboratorio o en casa en la modalidad de educación distancia, se pida interpretar los resultados en general y específicamente compara la tendencia al error con las longitudes del péndulo.

De manera que ellos reflexionen y discutan sobre los resultados y aporte al pensamiento crítico en su educación.

#### IV. CONCLUSIONES

Se demostró que el error provocado al utilizar un cronómetro digital de teléfono móvil disminuye considerablemente al aumentar el número de repeticiones, de manera que los

resultados con comparables con los obtenidos al utilizar un equipo especializado de laboratorio, por lo que se propone el uso exhaustivo de cronómetros digitales en prácticas de Física básica tanto en el laboratorio como en educación a distancia, sin que esto implique una disminución en la precisión de las mediciones

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Autónoma de Chihuahua por medio de Facultad de Ciencias Químicas.

#### REFERENCIAS

- [1] Gil, S., *Smartphone una herramienta de laboratorio y aprendizaje: laboratorios de bajo costo para el aprendizaje de las ciencias*, Latin-American Journal of Physics Education **11**, 305-1 305-9, (2017).
- [2] Martínez, J. E., *Obtención del valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio de física. Experiencia comparativa del sensor de un teléfono celular inteligente y el péndulo simple*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **12**, 341-346 (2015).
- [3] López, R., V. Arias, G., *Física y aplicaciones móviles en la escuela: un estado del arte enfocado en la enseñanza de movimientos oscilatorios*, Latin-American Journal of Physics Education **13**, 308-1 308-7 (2019).
- [4] Enrique, C. M., *Análisis del movimiento circular no uniforme mediante el uso de smartphones como sensores*, Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada **5**, 37-49 (2018).
- [5] Torres, A. L., *Empleo de Smartphones y Apps en la enseñanza de la física y química*, Enseñanza de las Ciencias **671-677** (2017).
- [6] Monteiro, M., *Acceleration measurements using smartphone sensors: Dealing whit the equivalence principle*, Revista Brasileira de Ensino de Física **37**, 1303 (2015).
- [7] Di Laccio, J. L., *Estudio del efecto Doppler utilizando teléfonos inteligentes*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **14**, 637-646 (2017).
- [8] Vogt, P., *Analyzing simple pendulum phenomena whit a smart-phone acceleration sensor*, The Physics Teacher **50**, 439-440 (2012).