



Integración de  
las ciencias y la  
tecnología como  
tendencia educativa

**Temática:**  
**Enseñanza y aprendizaje  
de las ciencias exactas y  
naturales mediadas en TIC**



# SISTEMA DE BAJO COSTO PARA LA MEDICIÓN INDIRECTA DE LA GRAVEDAD Y DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN CINEMÁTICO<sup>1</sup>

Low cost system for indirect measurement of  
gravity and kinematic friction coefficient

*Mealla Sánchez, Luis Enrique, Martínez Iglesias, Eduardo Enrique y  
Fierro Fernández, Ismael Eduardo*

---

<sup>1</sup> Proyecto de investigación “Aplicaciones Didácticas Asistidas de bajo costo para el laboratorio de Física”, proyecto en especie del Departamento de Investigaciones y Transferencia, Universidad Autónoma del Caribe.

### **Resumen:**

La medición de la aceleración de la gravedad implica el conocimiento de la concentración de masa en un determinado punto del planeta y el uso de un gravímetro. El método alternativo sugerido por galileo comparando la velocidad con el cuadrado del tiempo transcurrido, permite mediante un ajuste utilizando el tiempo y la velocidad final calcular la aceleración en la dirección de deslizamiento y de esta forma calcular indirectamente la aceleración de la gravedad del lugar para distintos ángulos de inclinación de un plano, adicionalmente se puede medir el coeficiente cinético de roce conocidos el valor de la gravedad. Se dispuso de un conjunto de tres fotopuertas en un plano inclinado, se midió el tiempo entre oscurecimientos para un objeto que desliza por el plano. El registro del tiempo se realiza mediante una tarjeta arduino.

### **Palabras clave:**

plano inclinado, gravedad, fricción, Arduino™

### **Abstract:**

Measuring gravity acceleration involves knowledge of the mass concentration at a given planet point and a use gravimeter. The alternative method suggested by Galilean comparing the speed with square elapsed time, allows by adjustment using the time and the final velocity calculate the acceleration in the sliding direction and thus calculate indirectly the gravitational acceleration of the place for different tilt angles of a plane can be measured additionally the kinetic friction coefficient value known gravity. Was available a set of three photogates on an inclined plane, the time between an object obscuration for sliding along the plane was measured. Time recording is performed by an Arduino card.

### **Keywords:**

Tilt plane, gravity, friction, Arduino™

## I. INTRODUCCIÓN

Realizar las prácticas de laboratorio de Física en las carreras de ingeniería presenta dificultades de tipo metodológico y técnico. Desde el punto de vista metodológico se trabaja con un conjunto de experiencias propuestas en manuales de laboratorio, en donde el estudiante se limita a seguir las instrucciones, medir según un protocolo de medida y presentar un informe de laboratorio, lo que redonda mayoritariamente en la nota de la asignatura [1].

Uno de los aportes de Galileo a la cinemática está relacionado con la relación de la distancia recorrida por un objeto que desliza por un plano inclinado con el cuadrado del tiempo. C.H. Wörner [2] realiza una extensa descripción al respecto. Realizando el análisis dinámico de ese movimiento encontramos la relación entre la aceleración del móvil y la aceleración de la gravedad de la forma:

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \quad (1)$$

Siendo  $\mu$  en coeficiente de fricción y  $\alpha$  la inclinación del plano.

Por otra parte, por definición de aceleración como la relación entre la diferencia de la rapidez y el tiempo, se puede evaluar midiendo la velocidad en los extremos de la distancia en el plano. R. O. Christiansen et al. [3], desarrollaron un dispositivo sencillo y de bajo costo para adquisición de datos utilizando una placa Arduino. Utilizo dos fotopuertas para determinar tiempos de recorrido de un carrito en un riel inclinado al cual se le modificaba la masa en cada registro. Se utilizó este dispositivo para calcular el valor de la gravedad mediante el ajuste lineal entre el peso y la masa. De Souza et al. [4] diseñaron un sistema de adquisición de datos que utiliza la placa Arduino como un dispositivo de bajo costo para potenciar la adquisición de datos en el laboratorio. Utilizaron este dispositivo en dos experiencias.

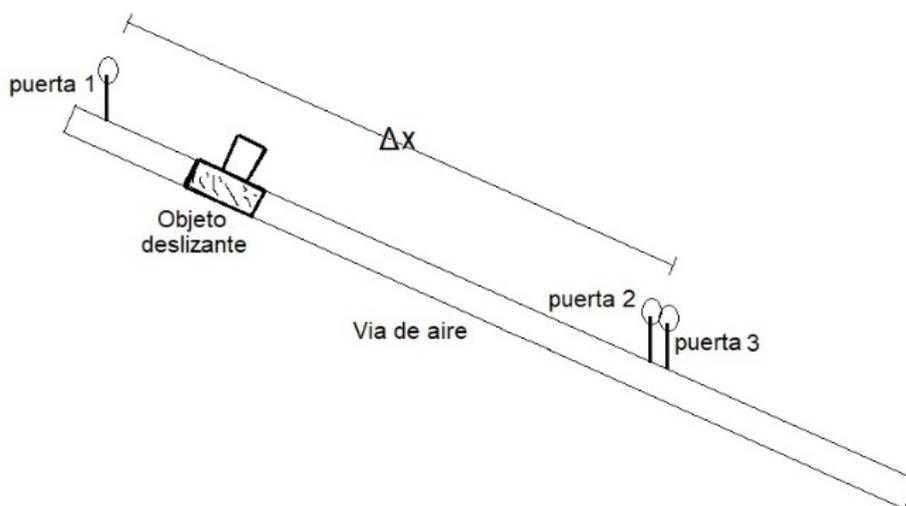
Se pretende con este trabajo dar a conocer una experiencia que utiliza un plano inclinado para calcular el valor de la gravedad, una vez conocido este valor realizar la experiencia en un plano donde la fricción sea evidente para calcular el coeficiente de fricción cinemático.

## II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

El uso de fotopuertas es de uso común, distintas compañías especializadas en equipo didácticos de laboratorio de física las ofrecen como parte de los sensores utilizados en las experiencias de cinemática y mecánica.

Se diseñó una relación entre hardware y software, utilizando una placa Arduino™, fotorresistencias y láseres, el resultado, un conjunto de fotopuertas operacionales que permite medir el tiempo entre oscurecimientos cuando un objeto pasa a través de ellos [5]. Una Fotorresistencia conectada a un divisor de tensión es iluminada permanente mente por un láser, presentado un estado de máxima voltaje, cuando un objeto interrumpe el haz de luz el voltaje presentado es mínimo. Mediante un código se programa a Arduino™ para que reconozca el instante de paso entre un instante alto a bajo en un sensor para que empiece a registrar tiempo, cuando el objeto pasa par el siguiente sensor, el código ordena guardar el tiempo entre oscurecimientos. El registro de tiempo sigue hasta un tercer sensor, donde se registra el tiempo trascurrido entre el primer oscurecimiento y el tercero.

Una primera parte de la experiencia consiste en calcular por separado los valores de la aceleración siguiendo el siguiente esquema:



**Figura 1:** Esquema de la experiencia

Se utiliza una vía de aire para reducir la fricción. Por lo tanto, la expresión de la ecuación 1 queda reducida a:

$$a = g \sin \alpha \quad (2)$$

Basta despejar el valor de la gravedad en función de la aceleración y el ángulo de inclinación del plano. Para el cálculo de la aceleración se dispone de tres fotopuertas ordenadas según el gráfico 1. Próxima al extremo superior se coloca la primera, las otras dos se colocan siempre juntas, con una distancia mínima entre ellas. Se varía la distancia entre la primera y las otras dos, registrando los tiempos de oscurecimiento para cada distancia. El objeto de colocar las dos fotopuertas a una distancia mínima es registrar la velocidad instantánea a esa posición desde el primer fotopuerta. Del análisis cinemático, se supone una velocidad instantánea no nula en la primer fotopuerta, por lo tanto, se despeja la aceleración en función de la velocidad instantánea, la distancia entre fotopuertas y el tiempo de oscurecimiento.

$$a = \frac{2(vt - \Delta x)}{t^2} \quad (3)$$

Se obtiene aproximadamente el mismo valor para distintos valores de distancia entre puertas, se realiza un ajuste estadístico y se reemplaza en la ecuación 2 para obtener el valor de la aceleración de la gravedad. Esto se puede repetir para distintos ángulos.

En una segunda experiencia se procede a repetir el experimento, pero reemplazando la vía de aire por un superficie rugosa, deslizando objetos para distintas inclinaciones y la misma disposición de fotopuertas. Conocido el valor de la aceleración de la gravedad, se procede a calcular la aceleración según lo expuesto por la ecuación 3. El coeficiente de fricción cinético se despeja de la ecuación 1.

Los valores de la aceleración son parecidos a los publicados por el Instituto de Metrología de Alemania [6], que proporciona el valor de la aceleración de la gravedad a través de la red para cualquier parte del mundo. Los valores del coeficiente de fricción cinemática son similares a los publicados en línea [7].

### III. CONCLUSIONES

Se desarrolló una experiencia asistida para la medición indirectas de la gravedad utilizando un plano inclinado a distintos ángulos, para ello se hizo uso de tres fotopuertas que registraron tiempo de oscurecimiento para distintas distancias,

con ello se calculó el valor de la aceleración en la dirección del plano para distintos ángulos y se ajustó estadísticamente. El valor de la aceleración de la gravedad es similar al proporcionado por un sitio de internet. Posteriormente se desarrolló la misma experiencia, pero para objetos que deslizan por superficies rugosas, se midió siguiendo la misma técnica el valor del coeficiente de fricción dinámico, proporcionando valores parecidos a los proporcionados en línea.

## REFERENCIAS

- [1] C. Stern, C. Echeverría, D. Porta. “Teaching Physics through Experimental Projects”. *Procedia IUTAM*. Vol. 20, Jun. 2017, pp. 189–194.
- [2] C.H. Wörner, “Simplemente: el plano inclinado” *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 34, Feb 2012, pp. 2305/1– 2305/5.
- [3] R. O. Christiansen, F. E. M. Hanna, E. Agüero, N. E. Pereyra. “Experimentos de física utilizando Arduino™”. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 28, No. Extra, Nov. 2016, pp. 23-28.
- [4] A. R. de Souza, A. C. Paixão, D. D. Uzêda, M. A. Dias, S. Duarte, H. S. de Amorim. “A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, Jun. 2011, pp 1702/1-1702/5.
- [5] O. Torrente, “ARDUINO Curso práctico de formación” Alfaomega Grupo Editor, D.F. Mexico, Cap. 4.
- [6] Physikalisch-Technische Bundesanstalt, “Schwere-Informationssystem” disponible en <https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt1/fb-11/fb-11-sis.html>, tomado el 14 de junio de 2019.
- [7] C, Julián, “Fricción + ejercicios resueltos” disponible en: <https://www.fisimat.com.mx/friccion/>, tomado el 14 de junio de 2019.

### **Biografía. Autor 1: Luis Enrique Mealla Sánchez**

Magister en Energías Renovables y Licenciado en Física de la Universidad Nacional de Salta (Argentina). Profesor tiempo completo en el Departamento de Ciencias Básicas, a cargo de la materia Física Eléctrica, Mas de 20 años de experiencia docente e Investigación. Ha encabezado numerosos proyectos de investigación financiados por la Universidad Autónoma del Caribe y por Colciencias.

Áreas de investigación: Energías Renovables y Aplicaciones de la Ciencia.



### **Biografía. Autor 2: Eduardo Enrique Martínez Iglesias**

Magister en Educación de la Universidad Autónoma del Caribe, Ingeniero Químico de la Universidad del Atlántico. Profesor de tiempo completo en el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma del Caribe, a cargo de los laboratorio de Física.

Áreas de investigación: Aplicaciones de la Ciencia

### **Biografía. Autor 3: Ismael Eduardo Fierro Fernández**

Estudiante de quinto semestre de la carrera Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma del Caribe

Áreas de investigación: Aplicaciones de la Ciencia