

# Experimentos de física utilizando Arduino™

## Physics experiments using Arduino™

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Rodolfo Omar Christiansen<sup>1,2</sup>, Francisco Emilio Miguel Hanna<sup>2</sup>, Emiliano Agüero<sup>3</sup>, Nicolás Eduardo Pereyra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IGSV-CONICET-UNSJ, Ruta 12 km 17, Rivadavia, San Juan, Argentina, CPA:J5404DCS

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Av. Ignacio de la Roza 590 (O), Complejo Universitario Islas Malvinas, Rivadavia, San Juan, Argentina CPA: J5402DCS

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Av. Libertador General San Martín 1109, San Juan, Argentina, CPA:J5400ARL

**E-mail:** rodolfo.christiansen@conicet.gov.ar

### Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema sencillo y de bajo costo para la adquisición de datos utilizando una placa Arduino conectada a dos sensores fotopuertas. Para comprobar la precisión de estos en la determinación de los tiempos, se consideró como ejemplo de aplicación el cálculo de la aceleración de la gravedad mediante el uso de un dispositivo que consta de un móvil que carga diferentes masas y se desliza sobre un riel soplador de aire. Los valores de velocidades instantáneas son calculados, registrados y enviados a una computadora. El software para la visualización de los datos fue programado de forma tal que permita la interacción con los alumnos mediante cualquier dispositivo que cuente con capacidades de conexión a una red y un navegador web. De la experiencia realizada se desprende que esta placa posee una muy buena capacidad y precisión en la toma de datos. Por otro lado, el formato de presentación de la información registrada logra captar la atención de los alumnos generando un genuino interés en esta experiencia.

**Palabras clave:** Arduino; Plano inclinado; Aceleración de la gravedad; Fotopuertas.

### Abstract

This paper describes the development of a simple and inexpensive system for data acquisition using an Arduino board connected to two photogates sensors. To check the accuracy of these in determining the time, we considered calculating the acceleration of gravity using a device consisting of a mobile loaded with different masses that slides on an air blower rail. Instantaneous velocity values are calculated, recorded and sent to a computer. The software for visualization of the data was programmed so that allows interaction with students through any device with network connection capabilities and a Web browser. This experience showed that the Arduino board has a very good ability and accuracy in data collection. On the other hand, the format in which the information is presented to the students captures their attention generating a genuine interest in this experience.

**Keywords:** Arduino; Inclined plane; Gravity acceleration; Photogates.

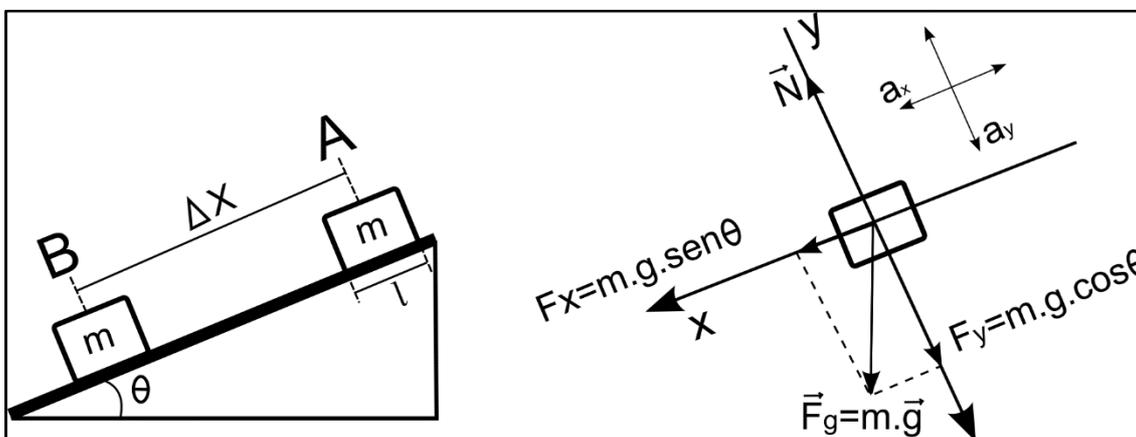
## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las prácticas de laboratorio en las universidades se llevan a cabo con costosos equipos con la problemática asociada de una escasa cantidad de elementos de experimentación por persona y poca formación en temas tecnológicos por parte de los docentes (Picquart, 2008). Al no poder interactuar de forma directa, los estudiantes se dispersan y pierden el interés por el ejercicio. Frente a esta situación surge la necesidad de desarrollar nuevos dispositivos más económicos capaces de reemplazar a los otros y promover una participación activa de los alumnos (Pontes, 2005a, 2005b; Souza y otros, 2011).

Con el objetivo de reciclar material didáctico fuera de uso nos propusimos el desarrollo de un sistema de adquisición capaz de tomar datos de tiempo con gran precisión (Galeriu, 2013). Como ejemplo de aplicación práctica consideramos el tiempo  $t$  en el que dos sensores (A y B) son obstruidos por el paso de un carro de masa  $m$  y longitud  $l$  que se desliza sobre un plano inclinado con ángulo  $\theta$ .

Teniendo en cuenta que  $l$  es muy pequeña podríamos considerar, con un cierto margen de error, que la velocidad es constante durante el tiempo de medición por sensor, por lo cual obtendremos la velocidad instantánea en ambos detectores si dividimos a esta longitud por el tiempo  $t$  (Wolbeck, 2010).

Entre el plano inclinado y la masa no debe existir fricción; bajo estas condiciones, las fuerzas que actúan sobre la masa  $m$  se conocen perfectamente, y puede usarse la segunda ley de Newton para determinar la aceleración de la misma. Del diagrama de cuerpo libre (Fig.1) surge que sobre el cuerpo actúan solo dos fuerzas ( $N$  y  $F_g$ ).



**FIGURA 1.** Derecha: esquema del plano inclinado con ángulo  $\theta$ . A y B corresponden a las ubicaciones de los sensores y  $\Delta x$  a la distancia recorrida por el móvil de masa  $m$  y longitud  $l$ . Izquierda: Diagrama de cuerpo libre.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos hallar la aceleración del cuerpo sobre el eje  $x$  como

$$a_x = g \cdot \text{sen } \theta \quad (1)$$

Dado que  $a_y$  es nula,  $a_x$  es constante y distinta de cero y que el móvil se desplaza en una línea recta, se pueden usar las ecuaciones de movimiento uniformemente variado

$$v_{Bx}^2 - v_{Ax}^2 = 2 \cdot a_x \cdot (\Delta x) \quad (2)$$

donde  $v_{Ax}$  y  $v_{Bx}$  son las velocidades inicial y final del carro sobre el plano inclinado en los sensores A y B respectivamente; y  $\Delta x$  la distancia recorrida por el móvil.

De la ecuación 2 se puede despejar y encontrar la aceleración sobre el plano en función de las velocidades

$$a_x = \frac{(v_{Bx}^2 - v_{Ax}^2)}{2 \Delta x} \quad (3)$$

Por otro lado, de la ecuación (1) y del diagrama de fuerzas obtenemos  $F_g$  como

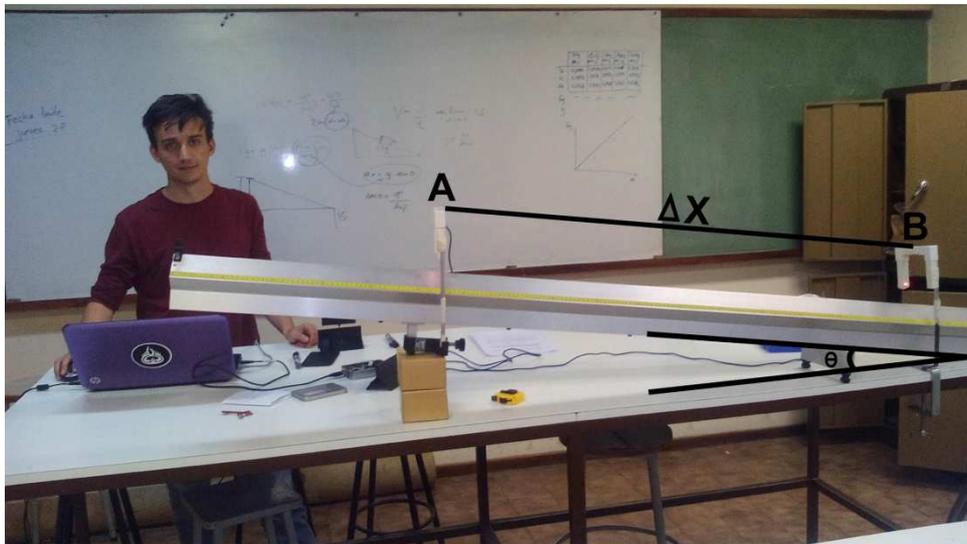
$$F_g = m \cdot g = m \cdot \frac{a_x}{\text{sen } \theta} = \left( \frac{v_{Bx}^2 - v_{Ax}^2}{2 \Delta x} \right) / \text{sen } \theta \quad (4)$$

Utilizando las velocidades del carro, el ángulo del plano y la distancia entre los sensores, podemos construir el gráfico de  $F_g$  vs  $m$ . Finalmente, mediante una simple regresión lineal podemos hallar el valor de la aceleración de la gravedad.

## II. METODOLOGIA

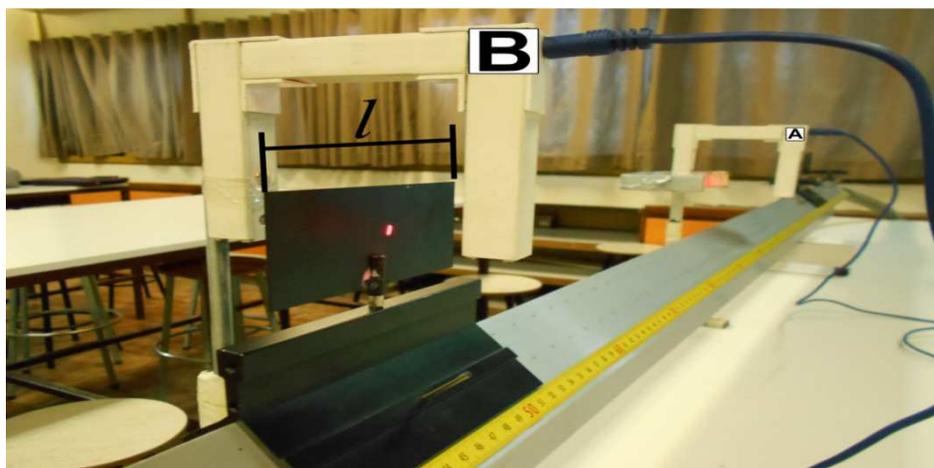
El equipo se probó con un grupo de alumnos de la cátedra de Física 1 de la Universidad Nacional de San Juan. Se dividió a los estudiantes en grupos de no más de 8 personas. En este experimento se utilizó como plano inclinado un antiguo riel de aluminio marca Pasco que actualmente se encontraba en desuso. A este se le dio un ángulo de aproximadamente 30 grados el cual puede ser fácilmente calculado midiendo con una regla la distancia que existe entre ambos sensores sobre el plano inclinado y la altura entre ellos. El riel consiste en un tubo de 2 metros de longitud dentro del cual se inyecta aire a presión mediante una bomba. La parte superior del tubo presenta dos caras pulidas con forma de V invertida y agujeros por donde el aire puede escapar (Fig. 2). El carril debe quedar nivelado de forma tal que el carro no ejerza fuerza hacia los lados ya que esto provocaría fricción lo cual reduciría la velocidad del objeto.

Se arrojó el móvil 5 veces agregando diferentes masas de entre 20 y 200 gramos con el cuidado de que la velocidad sea cercana a 0 cuando el carro pasaba por el primer detector. Se les pidió a los estudiantes que registren las masas, las velocidades y la aceleración por cada vez que arrojaban el móvil. Luego debían calcular  $F_g$  y graficarla en función de  $m$ .

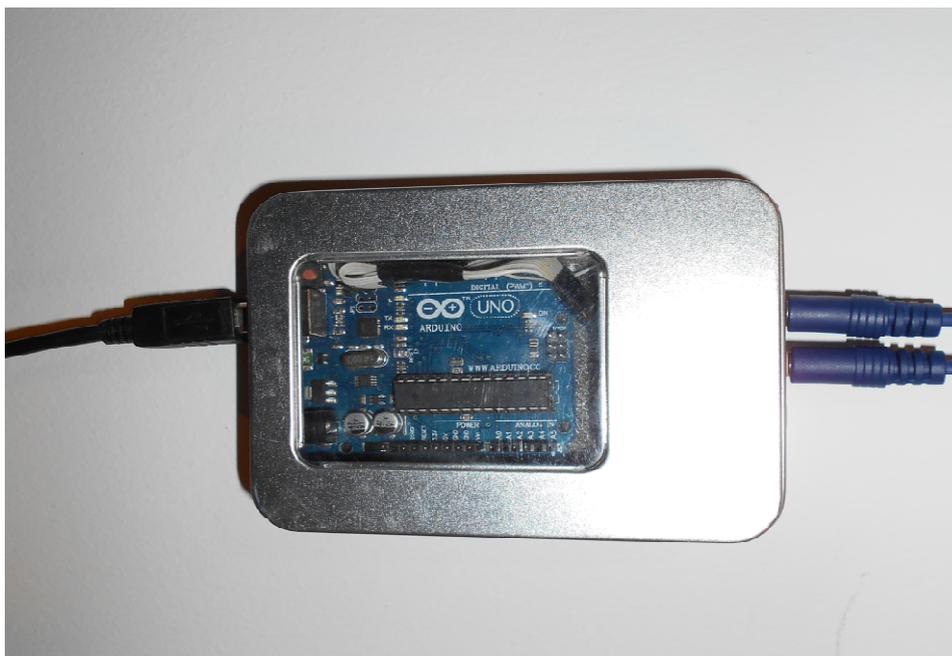


**FIGURA 2.** Fotografía del riel junto a los sensores A y B.  $\Delta x$  corresponde a la distancia entre estos sobre el plano inclinado

Para determinar la velocidad a la cual el objeto atraviesa los puntos A y B se construyeron un par de fotosensores separados a una distancia  $\Delta x$ . Estos se encuentran equipados con un juego de emisor y detector de luz dispuestos en un bastidor con forma de herradura. Mediante cables con fichas *plug* de 3.5mm se conectaron los sensores a una placa Arduino y ésta a una computadora personal (figuras 3 y 4).

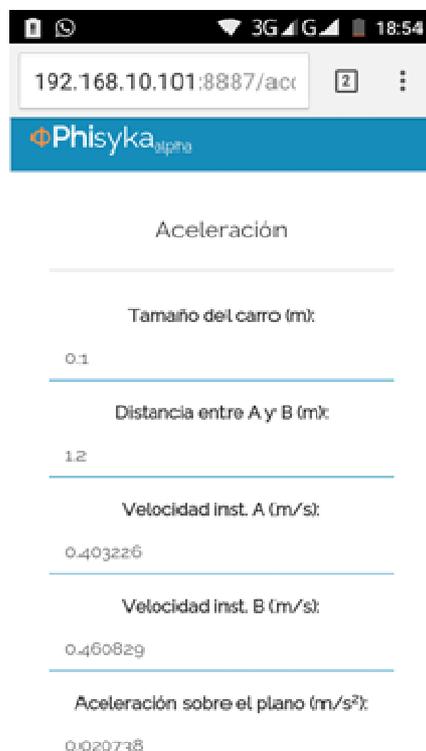


**FIGURA 3.** Fotografía de los sensores y el móvil. l corresponde al largo del carro que obstruye el paso de luz.



**FIGURA 4.** Placa Arduino conectada a los sensores mediante fichas mini-plug de fácil desacople.

La visualización de los datos se llevó a cabo mediante una aplicación web programada especialmente para este fin (Fig. 5) y conectada a los dispositivos móviles en el aula mediante *breakout server*. Esta se podía acceder desde una red local mediante wifi sin necesidad de conexión a internet. En la misma se podía ver y modificar los parámetros longitud del carro ( $l$ ) y distancia entre los sensores ( $\Delta x$ ). A través de simples cálculos esta también mostraba los resultados de las mediciones permitiendo que todos los alumnos puedan tener acceso a los datos de velocidad y aceleración sobre el plano para su posterior proceso.



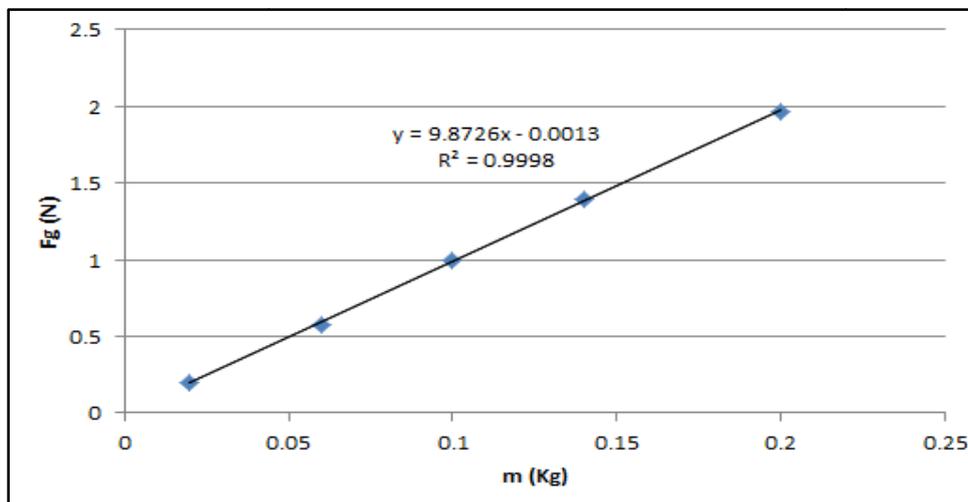
**FIGURA 5.** Aplicación web de visualización de los datos. Los campos *Tamaño del carro* y *Distancia entre A y B* son modificables.

### III. RESULTADOS

Se presenta a continuación los resultados de uno de los grupos de alumnos (Tabla 1). De la ecuación (4) puede notarse que con una simple regresión lineal se puede encontrar el valor de  $g$  desde la pendiente de la recta que ajusta a los datos. En la gráfica puede observarse que estos lograron calcular dicho valor con una muy buena precisión.

**TABLA I.** Datos registrados por un grupo de alumnos.

Masa (Kg)	$V_0$ (m/s)	$V_f$ (m/s)	$A_x$ (m/s <sup>2</sup> )	$F_g$ (N)
0.02	0.3086	1.7543	1.2427	0.1988
0.06	0.2906	1.7241	1.2033	0.5775
0.10	0.3115	1.7543	1.2420	0.9936
0.14	0.3086	1.7543	1.2427	1.3918
0.20	0.3246	1.7443	1.2385	1.9656



**FIGURA 6.** Gráfico de los datos registrados. En trazo negro la recta de ajuste con su correspondiente ecuación

### IV. CONCLUSIONES

La placa Arduino™ ha mostrado una gran versatilidad a la hora de experimentar y adquirir datos con elevada precisión. Los accesorios son de fácil construcción y de bajo costo. El equipo de registración pudo ser construido por un precio cercano a los \$500 (500 ARS, precio de finales de 2015). Como pudo notarse en el ejemplo práctico, el valor obtenido de  $g$  ( $9.87\text{m/s}^2$ ) se asemeja en gran medida al valor real medido a pocos kilómetros mediante un gravímetro absoluto ( $9.79\text{m/s}^2$ ).

Debe tenerse en cuenta que pueden presentarse algunos inconvenientes mientras se desarrolla el experimento por lo que siempre será conveniente una capacitación previa de los docentes sobre el manejo de este tipo de instrumental. Aunque se necesitan ciertos conocimientos de programación para realizar los experimentos, existen muchos sitios online que brindan los códigos terminados y listos para correr. Un ejemplo de esto se encuentra en el Anexo de esta publicación.

Los autores desean hacer mención de que el mismo sistema presentado en esta publicación también puede ser utilizado para otros experimentos en los que se necesite registrar tiempos o velocidades como por ejemplo la medición del periodo de un péndulo o velocidades de objetos en caída libre.

Finalmente, cabe destacar el interés de los alumnos ante este tipo de aparatos. Como tarea extra a la cátedra muchos de ellos se ofrecieron a colaborar en el desarrollo de nuevas experiencias para que puedan ser hechas por sus compañeros de los próximos años. Los sistemas no-libres no dan esta capacidad de modificación quedando el profesor sujeto a realizar solo las experiencias sugeridas por los fabricantes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Departamento de Geofísica y Astronomía de la Universidad Nacional de San Juan y al grupo de robótica de la misma institución por el apoyo brindado en la realización de esta experiencia.

## REFERENCIAS

- Galeriu, C. (2013). An Arduino-controlled photogate. *The Physics Teacher*, 51(3), 156-158.
- Picquart, M. (2008). ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física? *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(1), 6.
- Pontes Pedrajas, A. (2005a). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 2-18.
- Pontes Pedrajas, A. (2005b). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica segunda parte: aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 330-343.
- Souza, A.de, Paixão, A., Uzêda, D., Dias, M., Duarte, S.y Amorim, H. de. (2011). A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(1), 01-05. <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172011000100026>
- Wolbeck, J. (2010). Instantaneous velocity using photogate timers. *The Physics Teacher*, 48(4), 262-263.