

Diseño de práctica de laboratorio para uso de la creatividad: Canal de olas

R. Hernández-Walls, E. Rojas-Mayoral y P.K. Barba Rojo
*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California,
Ensenada, B.C., México.*

Received 5 September 2014; accepted 21 January 2015

El trabajo describe las experiencias docentes de maestros del laboratorio de Física II, en la Facultad de Ciencias Marinas, donde se propone una práctica de laboratorio, en la cual el estudiante debe crear una adaptación que se ajuste a un instrumento de medición, para poder medir el nivel del agua en un canal de oleaje. Para ello sólo deberá usar como sensor un ratón computacional (RC). Los estudiantes solo tienen acceso a parte del código computacional que permite la lectura de los píxeles que se ha movido el RC, con ello, y con su creatividad deberán construir una adaptación que permita medir directamente el movimiento de la superficie del agua y así poder medir el paso de las olas en el canal. Es importante señalar que en la carrera de Oceanólogo no llevan materias de electrónica, así que los estudiantes no tienen manera de construir una tarjeta de adquisición de datos. La práctica cubre varios factores didácticos, primero les permite a los estudiantes construir su propia adaptación que servirá para medir directamente un fenómeno y lo pueda registrar en la computadora, segundo, usan el concepto de re-uso de tecnología para obtener un beneficio, y por último, los anima a proponer otros usos del RC en la medición de parámetros físicos.

Descriptores: Ratón computacional; oleaje; medición; prototipo.

This paper describes the experiences of teachers teaching Physics II Laboratory, at the School of Marine Sciences of the UABC, in which the student modifies a device in order to measure the water level in a wave tank. The students are only allowed to use a computer mouse as a sensor. The students have access to a piece of MATLAB code that reads the number of pixels that the mouse has been moved. Using that code and their creativity, the students must modify the mouse to obtain a device that directly measures the movement of the water surface and, in doing so, registers the characteristics of the water waves in the tank. It is important to note that the oceanography program does not include courses in electronics, so students cannot build a data acquisition card. This experiment covers various educational factors allowing students to adapt a device in order to construct their own gauge to directly measure a phenomenon and to record digitally, encouraging the reuse of technology for profit and the innovation of alternative uses for the mouse in the measurement of physical variables.

Keywords: Computational's mouse; ocean wave; measurement; prototype.

PACS: 92.10.H-; 07.05.Hd; 01.50.H-; 01.50.Lc

1. Introducción

Con los nuevos cambios en los planes de estudio de nuestra Facultad (Facultad de Ciencias Marinas, UABC), tanto el perfil de egreso como las unidades de aprendizaje han quedado en términos de Competencias. En el perfil de egreso del programa de Oceanología (nivel licenciatura) hay un componente dirigido a la creatividad. Eso nos ha llevado a preguntarnos como nuestras unidades de aprendizaje pueden contribuir a dicho componente. La materia de Física II tiene que ver con los fluidos clásicos, y esta unidad de aprendizaje contiene tanto la parte teórica como la práctica (laboratorio). Es en este último, donde hemos querido incluir algunos temas que tengan que ver con la creatividad.

El laboratorio de Física II se imparte en un salón de prácticas que tiene, entre otros materiales de apoyo docente, un canal de olas. Éste tiene las siguientes dimensiones: 14 metros de largo, 55 centímetros de ancho y por lo general se llena hasta una altura de 30 centímetros, aún cuando puede alcanzar a llenarse hasta los 50 cm. El canal cuenta con un generador de olas de tipo paleta, el cual al ponerse en movimiento genera olas monocromáticas. La frecuencia y la altura de la ola se puede ajustar fácilmente. Al final del canal se coloca, por lo general, una pared inclinada, la cual permite

disipar la energía del oleaje y así evitar la reflexión del mismo (como puede verse en la Fig. 1). Sin embargo, se carece de aparatos para medir y registrar el oleaje, esto para poder trabajar posteriormente con dicha información. Esto último es lo que ha motivado el presente trabajo.



FIGURA 1. Vista parcial del canal de olas de la Facultad de Ciencias Marinas, UABC. En el fondo se puede apreciar el generador de olas.

2. Dispositivo Computacional Utilizado

La búsqueda de tecnología de medición de bajo costo ha llevado a explorar el uso del Ratón Computacional (RC) como un instrumento que se puede adaptar para medir variables físicas. Handler [1] viendo la necesidad de usar la tecnología existente para hacer ahorros en los gastos de su laboratorio, proponen usar un mouse computacional mecánico (MCM) para medir oscilaciones de movimiento armónico, esto lo logran al ajustar un péndulo a uno de los rodillos de movimiento del mouse. También miden el desplazamiento de un resorte y calculan la constante del resorte. Quijano-Velasco, Bolaños y Hernández-Walls [2] usan el mismo principio que Handler y colocando un sistema de poleas y flotadores hacen un dispositivo para medir las oscilaciones que se generan en la superficie del agua en un canal de olas, con lo cual pueden estimar la estadística de oleaje. Ochoa [3] usando la idea propuesta por Handler, realizan mediciones de oscilaciones de un resorte y un péndulo, con y sin amortiguamiento, caracterizando el dispositivo para poder ser usado en un laboratorio con condiciones controladas y para uso didáctico.

Ng [4] utiliza un mouse computacional óptico (MCO) como un sensor de medición de longitud, y debido al bajo costo del mouse visualiza un rango amplio de aplicaciones futuras como sensor de diferentes variables físicas. Menciona que en la actualidad los programas para manejo de imágenes con la computadora dan las coordenadas del mouse en la pantalla, lo que permitiría ahorrarse este paso computacional. El mouse es usado para un problema de translación, aprovechando que el mouse que usaron tiene una resolución de 0.0635 mm. El dispositivo que se construyó fue usado para calcular la viscoelasticidad de un material de polietileno. Con lo que se pudo medir incluso el tiempo de relajación del material. Reportan que fue necesario pintar al polietileno con pintura blanca para que el mouse lo pudiera registrar.

Hernández-Walls y colaboradores [5] construyen un medidor de velocidad de un fluido, usando el principio de fuerza de arrastre cuadrática y un MCM, aún cuando el dispositivo esta limitado a medir flujos unidimensionales su calibración plantea una buena herramienta para medir la rapidez de un fluido. Ng y Ang [6] estudian la viabilidad de usar la tecnología de un sensor con un MCO para medir movimientos vibratorios, concluyendo que solo se puede aplicar a movimientos con una frecuencia baja y amplitudes pequeñas. Ng [7] propone usar un MCO para medir las características viscoelásticas de un polímetro y usarlo como un dispositivo que se puede usar en la educación. Ng [8] usa un MCO adaptado a un microscopio para marcar objetos distantes en el objetivo.

Xin y Shida [9] utilizan el sistema de formación de una imagen que tiene un MCO para medir variaciones en la altura de algunas muestras. Hernández-Walls y colaboradores [10] construyen un medidor de velocidad de un fluido, usando el principio de fuerza de arrastre cuadrática y MCO, con lo cual el dispositivo puede medir flujos bidimensionales. Tunwattana y colaboradores [11] miden los efectos de iluminación y

aceleración que pueden sufrir los MCO para medir su movimiento relativo. Este artículo tiene importancia por el aumento en el interés de usar el mouse como una tecnología alterna para medir otras variables físicas de las que fue diseñado originalmente. Joos y compañía [12] usando la cámara de un MCO, puede usarlo para ver detalles en estructuras textiles del orden de 1.7 mm por 1.7 mm, lo que equivale a una cuadrícula de 30×30 píxeles. Jansen [13], usa un MCO junto con piezas de LEGO NXT, y utiliza ARDUINO para leer los datos del mouse. El artículo propone un dispositivo que trabaja con el chip de lectura del mouse para poder acceder a la imagen capturada por el mouse.

Como podemos ver el MC puede ser usado para construir instrumentos de medición, solo basta saber como hacerlo.

El presente trabajo tiene que ver con la implementación de una práctica de laboratorio, en la materia de Física II, que involucra tanto el diseño, construcción e implementación de un adaptador colocado en un MCO para medir las olas generadas en el canal de olas, y el registro de las mediciones en la computadora. Esto tiene su dificultad ya que los estudiantes de Oceanología no llevan materias que tienen que ver con la construcción de tarjetas de adquisición de datos, por lo que se propone usar una ya construida y barata (ratón computacional) para usarla como interfaces entre el dispositivo para medir el oleaje y la computadora.

3. Propuesta de Práctica de Laboratorio

Por razones de organización, la práctica esta separada en dos sesiones, la primera es para que conozcan las dimensiones del canal y su funcionamiento. En esta primera mitad de la práctica el grupo está dividido en equipos de máximo tres estudiantes, creado por ellos para poder medir las olas que pasan por un punto determinado del canal de olas. Se trabaja con el código (codificado en Matlab), para que conozcan su uso y limitaciones. Al término de la sesión se encomienda traer un adaptador para el MCO, que será utilizado en la siguiente mitad de la práctica. La segunda sesión está dedicada sólo a la puesta en funcionamiento de sus dispositivos construidos (prototipos), ajustes y registro de sus mediciones. Terminando con las observaciones de todos los estudiantes en las mejoras que se podrían hacer al prototipo propuesto por cada equipo.

3.1. Sesión 1

Esta sesión comienza con un recorrido por el canal, mostrando las partes más importantes del mismo (Fig. 2), así como su funcionamiento. También se les muestra los lugares donde uno puede colocar instrumental para monitorear las características del oleaje o de otros parámetros de interés (por ejemplo, sedimento). Se hace una demostración sobre el funcionamiento, con un tren de olas monocromáticas. Es aquí donde se les plantea la idea de medir el paso de la ola y sus características principales (período, longitud de onda, etc.).

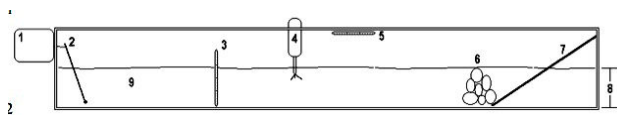


FIGURA 2. Esquema de las partes más importantes de un canal de oleaje. 1 Motor con un selector manual de las frecuencias. 2 Pala que al ser movida por el motor genera olas. 3 regla para medir la profundidad de llenado, 4 Dispositivo para medir características del oleaje. 5 regla de referencia. 7 pared con pendiente para forzar a la ola a romper y disipar la energía. 8 Profundidad de llenado del tanque. 9 Agua.

Se les plantea el uso del mouse como un dispositivo o interface entre alguna adaptación que realice un desplazamiento y la computadora. Se les muestra el código que puede monitorear los movimientos del mouse y se les hace una demostración de su uso (ver Cuadro 1 para ver el código en Matlab).

El código contiene algunos comandos de Matlab, los cuales será necesario mencionar su función en el programa. El comando

$$\text{get}(0, 'screensize')$$

CUADRO 1. Código en MATLAB para graficar los movimientos de una de las componentes del mouse al ser movido sobre una superficie.

Ejemplo de código

```
% Programa para visualizar datos de un sensor
% El sensor de oleaje esta basado en un MOUSE
% ERM y RHW(2013)
% FCM-UABC
%
%
clear all,close all,clc
scr=get(0,'screensize');
set(0,'pointerlocation',[scr(3)/2,scr(4)/2])
h=plot(0,0); axis([0 2000 -700 700])
y1=0; x1=0; yy=[];
xx=[]; TI=[]
pause % Dar un enter para continuar
n=2000, tic
for k=1:n
    a=get(0,'pointerlocation');
    ti=toc
    x=a(1)-scr(3)/2;
    y=a(2)-scr(4)/2;
    yy=[yy;y]; xx=[xx;x];
    TI=[TI;ti];
    line([k-1,k],[x1,x]), hold on
    y1=y; x1=x;
end
%print -djpeg Medicion1.jpg
```

tiene como función obtener el tamaño de la pantalla que se está utilizando, dicha información será almacenada en la variable *scr*. El comando:

$$\text{set}(0, 'pointerlocation', [\text{scr}(3)/2, \text{scr}(4)/2])$$

tiene como función colocar el apuntador del mouse en la mitad de la pantalla. Observen que el ciclo FOR sólo realiza *n* tomas de información del mouse (esto puede ser modificado por el programador, en caso de necesitarse más puntos). Dentro del ciclo, podemos ver el uso del comando:

$$a = \text{get}(0, 'pointerlocation');$$

el cual obtiene la posición actual del mouse. Para que en las siguientes dos líneas se pueda calcular los pixeles que se han movido y con ello calcular la distancia recorrida, para luego poderla graficar y ver como se comporta el oleaje. También es importante ver que los datos son muestreados a una frecuencia de 2.6578 kHz, pero el programador puede hacer uso de la función *pause* para cambiar la razón de medición. Por último, y si el usuario así lo decide, puede grabar la figura en un archivo con formato JPG.

Una vez que han visto el funcionamiento del código y ver que este puede leer los movimientos del mouse, entonces es cuando el maestro hace la observación de que esto se puede usar como una interface entre un dispositivo construido por el estudiante y la computadora. Se les deja de tarea, para la próxima sesión de laboratorio, traer un dispositivo, que pueda ser montado en el canal de olas y que nos permita colocar el mouse, tal que registre los movimientos de la superficie del agua, y por ende, los movimientos del oleaje.

3.1.1. Calibración del Ratón Computacional

En la misma sesión de laboratorio se realiza la calibración del RC. Primero se calcula la razón de muestreo que puede llegar a tener nuestro dispositivo. Para ello se calcula el tiempo mínimo que hay entre dos lecturas de datos, de tal manera que el recíproco de este nos dará la frecuencia máxima de muestreo (el cual deberá ser dependiente del tipo y marca del RC usado). Para un caso típico, al usar un RC de marca HP nos dio como máxima frecuencia 2.6578 kHz, el cual tiene la característica de transmitir la información por el puerto USB.

3.2. Sesión 2

En esta sesión, se les pregunta que equipo de estudiantes quiere comenzar a explicar la adaptación construida por ellos y como es que el mouse deberá ser colocado para que este pueda registrar los movimientos del prototipo construido. Se recomienda que sea orientado en la dirección del máximo de pixeles (por lo general es en la dirección horizontal o *x*). Los equipos van pasando uno por uno, y en cada caso se les da oportunidad de hacer ajustes para que su prototipo pueda funcionar mejor.

Una vez presentados todos los prototipos, los equipos comentan las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, y si

estas desventajas pueden ser subsanadas. A continuación el maestro presentará algunas de las mejores ideas que se han presentado en la aplicación de esta práctica de laboratorio a lo largo de los semestres anteriores.

3.2.1. Calibración de Mouse: Medida de desplazamiento

En esta sesión de laboratorio se realiza la calibración del RC, enfocándonos en encontrar la relación que hay entre la cantidad de píxeles recorridos y la distancia que ha recorrido el RC, para que con ello podamos posteriormente medir la altura de las olas medidas con el dispositivo propuesto. Una vez colocado el prototipo dentro de un recipiente se comienza la toma de datos, al mismo tiempo que se comienza a elevar el nivel del agua a diferentes marcas de altura. En cada marca de altura se deja que el prototipo pueda tomar datos para después seguir a la siguiente marca de llenado de tanque. Esto nos permitirá tener mediciones simultáneas del número de píxeles recorridos y distancias, tal que podamos encontrar, por medio de una regresión lineal, la forma de pasar de valor de píxeles a la altura medida. Recordando que este proceso se tiene que hacer para cada RC que se utilice y para cada monitor que se utilice (incluyendo si se cambia la resolución del monitor).

3.2.2. Mediciones en el canal de olas

En esta misma sesión los estudiantes deberán medir el período de las olas generadas por el motor del canal de olas, para poderlo comparar con el período medido por el prototipo propuesto, esto último puede ser calculado a partir de los datos arrojados por el programa, al medir el tiempo que pasa entre dos crestas seguidas. Como ejemplo, en uno de los dispositivos usados se calculó un período promedio de 0.7005 segundos mientras que el canal de olas generó olas con un período de 0.725 segundos dando un error relativo de 3 %.

4. Resultados

Entre los prototipos que se han propuesto en el laboratorio, se mostrarán aquellos que por su funcionalidad tienen potencial

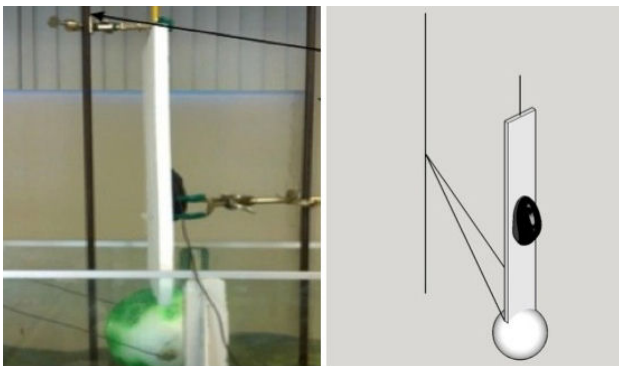


FIGURA 3. Fotografía que muestra el prototipo 1 propuesto por un equipo de estudiantes de laboratorio del curso de física II.

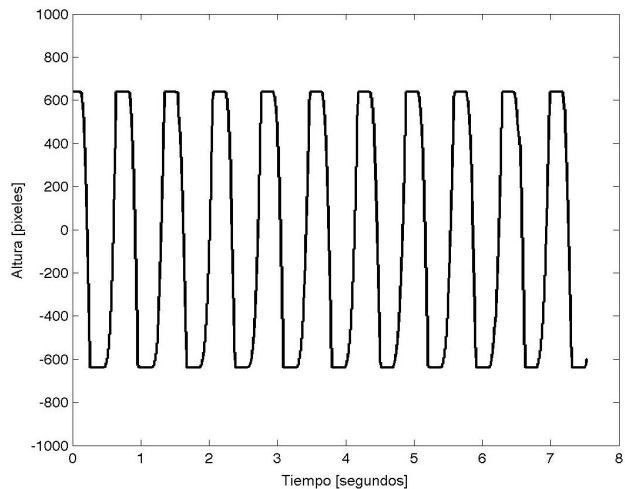


FIGURA 4. Gráfica de uno de los resultados obtenidos por el dispositivo propuesto que muestra la altura de la ola en el eje y el tiempo en el eje horizontal. En esta serie de tiempo se puede apreciar la periodicidad del oleaje observado.

de ser mejorados y usados como instrumentos de medición en el canal de olas. Primero presentaremos uno que toma en cuenta un cuerpo flotante (esfera de unicel), al cual le han adaptado una varilla con un rectángulo de unicel, el cual funcionará como tapete del mouse. El diseño, contiene un elemento que no permite que la esfera de unicel tenga rotación, esto se logra con la incorporación de dos alambres sujetos a los lados de la esfera de unicel pero que permiten el movimiento vertical de la misma esfera (ver Figs. 3 y 4).

La Fig. 4 muestra una de las gráficas arrojada por el código.

Otro prototipo que ha mostrado ser una idea interesante es la formada por media esfera de unicel a la cual se le ha anexado un cilindro de cartón, y colocado en una varilla central la cual sirve como guía en el movimiento vertical (ver Fig. 5).

El siguiente prototipo hace uso de un sistema de poleas para mover un pedazo de cartón al ser movido un flotador puesto en la superficie del agua, así que al paso de una onda,

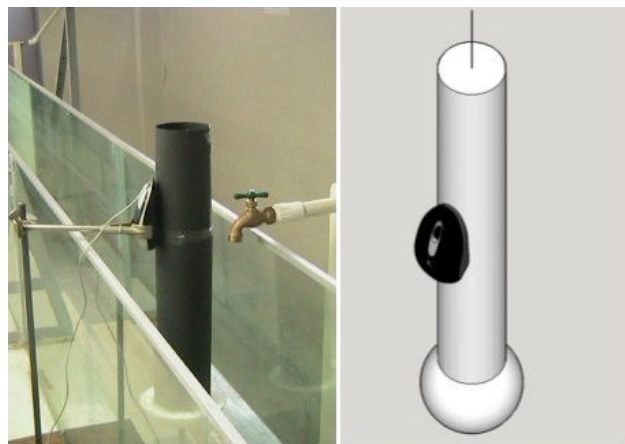


FIGURA 5. Fotografía que muestra el prototipo 2 propuesto por un equipo de estudiantes de laboratorio del curso de física II.

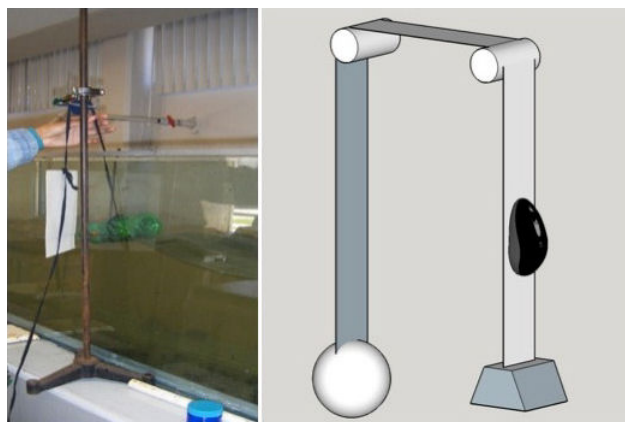


FIGURA 6. Fotografía que muestra el prototipo 3 propuesto por un equipo de estudiantes de laboratorio del curso de física II.

este se moviera hacia arriba o hacia abajo, comunicando ese movimiento por medio de la polea (ver Fig. 6).

5. Conclusiones

La propuesta de una práctica donde el estudiante diseñe un dispositivo, que mida el paso del oleaje y registre la informa-

ción en una PC, ha resultado todo un éxito. Esto debido a que son muchas las situaciones cubiertas. Ya que se cubre la parte de las competencias que tienen que ver con la creatividad, trabajo en grupo y cooperación, pensamiento analítico y pensamiento conceptual, también el estudiante aprende que no es necesario saber electrónica para poder diseñar un sencillo instrumento de medición que registre datos en la PC, y por último salen de la práctica motivados al ver que lo que han diseñado y construido funciona y tiene un fin práctico en el laboratorio de Física II y en su carrera como Oceanólogos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los equipos de estudiantes involucrados en el diseño de los tres prototipos aquí presentados. El proyecto fue posible gracias al apoyo de la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC. El primer autor también tuvo apoyo de PREDEPA-UABC.

1. J.T. Handler, R. Ochoa and F. Kolp, *A mouse in our laboratory*. *The Physics Teacher*, **34** (1996) 488-490.
2. J.J. Quijano-Velasco, R. Bolaños-Sánchez y R. Hernández-Walls. 1996. *Sistema electrónico para estimar estadística de oleaje*. IV Congreso estudiantil de Oceanología. Facultad de Ciencias Marinas, UABC.
3. R. Ochoa, and N.F. Kolp, *Am. J. Phys.* **65** (1997) 1115-1118.
4. T.W. Ng, *The optical mouse as an inexpensive measurement device*. (Proceeding of Optical Society of America EtuF4. 2000).
5. R. Hernández-Walls, R. Hernández-Luna, E. Rojas-Mayoral y L.F. Navarro-Olache, *Dispositivo electrónico, de fácil construcción, para medir la velocidad de un fluido*. (Ingeniería hidráulica en México, XIX(4) 2004) 121-128.
6. T.W. Ng, and K.T. Ang, *Sensors and Actuators A* **116** (2004) 205-208.
7. T.W. Ng, *J. of Chemical Education* **81** (2004a) 1628-1629.
8. T.W. Ng, *Microscopy Research and Technique* **63** (2004) 203-205.
9. W. Xin, and K. Shida, *Optical Mouse Sensor for Detecting Height Variation and Translation of a Surface*. Industrial Technology, ICIT. (IEEE International Conference, 2008) pp. 1-6.
10. R. Hernández-Walls, E. Rojas-Mayoral, L. Báez-Castillo y B. Rojas-Mayoral, *Physics Education* **43** (2008) 593-598.
11. N. Tunwattana, A.P. Roskilly and R. Norman, *Sensors and Actuators A: Physical* **149** (2009) 87-92.
12. M. Joss, J. Ziegler and C. Stiller. *Low-cost sensors for image based measurement of 2D velocity and yaw rate*. (IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2010) 658-662.
13. M. Jansen, *An optical mouse sensor as an extension for LEGO NXT*. (Report to the course: Lego beyond toys, 2009). Pp. 16.