

Uso de Tracker para Análisis y Modelado de Datos Experimentales en Laboratorios Tradicionales de Física

MERLY DOMÍNGUEZ¹

¹Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán - UPNFM, mail: mjdupnfm@gmail.com

Recibido: 14 de Diciembre de 2013 / Aceptado: 14 de Junio de 2015

Resumen

The purpose of this article is to show the multiple benefits of using computer programs and simulators during lecture and lab for the analysis and treatment of problems as a teaching strategy. As an example of the benefit of computer program in the classes room, the results of the comparison of the value of the gravitational acceleration from the data analysis with Tracker are presented; those results are compared to the value of the gravitational acceleration obtained during the development of traditional teaching experiments such as the simple pendulum. In addition some Tracker applications for the analysis and measurements of physical magnitudes studied in classes and experimental activities are shown.

Keywords: Simulators, analysis and treatment of problem, teaching strategies, Tracker, traditional teaching experiments.

El propósito de este artículo es dar a conocer los múltiples beneficios del uso de programas computacionales y simuladores durante las clases magistrales y actividades de laboratorio para el análisis y tratamientos de problemas como estrategia de enseñanza. Como ejemplo del beneficio de programas computacionales en los salones de clase se presentan los resultados de la comparación del valor de la aceleración gravitatoria partiendo de los datos analizados con Tracker; estos resultados se comparan con el valor de la aceleración gravitatoria obtenida durante el desarrollo de experimentos de enseñanza tradicional como el péndulo simple. Además se muestran algunas aplicaciones de Tracker para el análisis y mediciones de magnitudes físicas estudiadas en clases y actividades experimentales.

Palabras clave: simuladores, análisis y tratamiento de problemas, estrategias de enseñanza, Tracker, experimentos de enseñanza tradicional.

I. INTRODUCCIÓN

DESDE la década de los sesenta la física computacional se ha presentado como una opción del análisis matemático de fenómenos físicos [2], principalmente para aquellos problemas en los que no es posible encontrar una solución mediante métodos tradicionales; tal es el caso de osciladores armónicos que presentan ecuaciones diferenciales no lineales en muchas variables.

También es el caso de las simulaciones teóricas en las que se requiere el análisis de gran cantidad de datos numéricos y que suelen ser desarrollados en forma computacional, cuando no podemos hacer un tratamiento analítico de nuestras teorías. Esto ocurre constantemente cuando un fenómeno es el resultado de un sistema constituido por un número grande de partículas que interactúan mediante la realización de varios procesos, los cuales en forma individual, pueden ser descritos pero en su conjunto resultan una labor imposible, un ejemplo de esta situación es el análisis de un sólido simple con interacciones con los primeros y segundos vecinos.

Gracias al análisis de fenómenos físicos mediante el uso de computadores y simuladores, es posible que los

estudiantes desarrollen hábitos, destrezas y habilidades mentales analíticas para mejorar los planteamientos de posibles soluciones a problemas prácticos; ya que los simuladores ayudan a disminuir el tiempo de respuestas de los participantes y su rápida comprensión del mundo y los elementos que lo rodean.

Una de las fortalezas de la simulación y análisis computacional es la capacidad de ensayar sistemas reales, como también permitirnos modelar aquellos fenómenos que aún no se han materializado, además son útiles para predecir comportamientos y efectos futuros ante cambios en el mismo o cambios en los valores de frontera.

Es por eso que el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) debería incorporarse en el aprendizaje: haciendo, compartiendo y colaborando en contextos que propicien innovación y creatividad.

Para este siglo ya no es suficiente una alfabetización digital, la cual sólo nos ha permitido aprender a utilizar aplicaciones computacionales específicas. En nuestro mundo globalizado lleno de competitividad, es necesario conocer los códigos y algoritmos implícitos, con el fin de poder utilizarlos para poder pensar de manera crítica y creativa. En las sociedades tecnificadas hablar de TIC en

el proceso educativo, es hablar de entornos pedagógicos, donde los inmigrantes digitales (docentes) no han cambiado en forma significativa el modo de pensar en el que fueron educados, en cambio los nativos tecnológicos (estudiantes) han evolucionado instintivamente, poseyendo una identidad propia en los sistemas digitales [2].

Según Santos[8], la educación actual desperdicia dos tercios del talento de los seres humanos. Sin embargo el mundo de trabajo requiere empleados que sepan cómo hacer las cosas, más que replicar conocimientos. Además que reconozcan cuál es la información relevante y principalmente que sepan que hacer con el conocimiento, más allá de saber que unidad de conocimiento tiene cada uno [1].

En la conferencia SHUTE y GLASER [5] mencionaron que existe cierta evidencia de que los estudiantes de las clases que utilizan simuladores aprendieron un conjunto de conceptos en menor tiempo en comparación con alumnos que asistieron a clases tradicionales. Además estudios sobre el impacto positivo de los simuladores durante el entrenamiento en diversas áreas como medicina e ingeniería demuestran que las curvas de aprendizaje basadas en las simulaciones y modelados son mejores que las curvas basadas en el entrenamiento clásico[7].

II. TRACKER

El **Tracker** es un programa libre y útil para el análisis y modelado de videos, este análisis se basa en el seguimiento de la trayectoria de objetos. El programa permite generar datos de posición, velocidad y aceleración de los objetos estudiados. Éste un programa multiplataforma, es decir que puede ser instalado en cualquier computadora que posea alguno de los sistemas operativos como: Windows 7/8.1/10, Mac OS, Linux, entre otros.

El programa está basado en el marco (OSP) **Java Open Source**. **Java** es un lenguaje de programación o plataforma informativa indispensables para el funcionamiento de algunos programas. **Tracker** es un programa de código abierto, es decir un código que puede encontrarse visible para poder modificarse o corregirse y así producir un mejor software, lo que no necesariamente significa que es un código libre, porque puede estar sujeto a derechos de autor.

Además con **Tracker** se puede adquirir mucha información partiendo de los videos generados por los usuarios, por ejemplo: gráficos, filtros de efectos especiales, varios marcos de referencia, puntos de calibración, perfiles de línea para el análisis de los patrones de espectros y de interferencia, así como modelos de partículas dinámicas.

Este programa están diseñado para ser utilizado en laboratorios, clases demostrativas y conferencias de física en las universidades y todos los niveles educativos.

En el sitio oficial se encontra los enlaces de descarga directa para su instalación, instrucciones específicas del

uso de las herramientas básicas de éste, además de una amplia biblioteca de videos listos para ser analizados y aplicados en clase [3].

III. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DATOS EXPERIMENTALES USANDO TRACKER VS. DATOS OBTENIDOS TRADICIONALMENTE.

Durante el desarrollo de prácticas de laboratorio surgen imprecisiones inevitables que afectan todas las medidas experimentales debido a la imperfección e imprecisiones de los aparatos de medición y las limitaciones que poseen nuestros sentidos cuando registramos la información experimental.

El uso de **Tracker** para el análisis experimental durante el desarrollo de prácticas de laboratorios nos permite reducir los errores sistemáticos: error instrumental, error personal, error de elección de método, además de los errores accidentales, es decir las pequeñas variaciones entre las mediciones sucesivas realizadas por un mismo observador.

El siguiente es un ejemplo dividido en dos partes: en la parte A se muestra la comparación de la magnitud de la aceleración gravitatoria obtenida por medio de los datos de mediciones tradicionales en la práctica de laboratorio del péndulo simple. En la parte B se presentan los datos generados por **Tracker** como resultado del análisis del vídeo de la misma práctica experimental de la parte A.

A. Datos obtenidos en forma tradicional por estudiantes de La UPNFM

En nuestras universidades públicas el experimento del péndulo simple para la verificación del valor de la aceleración gravitatoria local, es un experimento común en las actividades de prácticas de laboratorio, para ejemplificar temas como el Movimiento Armónico Simple.

En la tabla 1 se muestran cinco mediciones realizadas por un estudiante de la UPNFM, del primer periodo académico de este año en la clase de Física General II. Los datos fueron obtenidos según los lineamientos de la guía de laboratorio “El péndulo simple” [10].

No	t(s)	L(m)	$ t_i - \bar{t} $	$ L_i - \bar{L} $
1	156.23	2.42	4.74	0.00
2	146.37	2.41	5.12	0.01
3	156.06	2.43	4.57	0.01
4	148.54	2.42	2.95	0.00
5	150.25	2.42	1.24	0.00

Tabla 1: Medición de longitud del péndulo y cinco mediciones del tiempo de oscilación, cada medición corresponde a 50 oscilaciones

Determinación del valor central e incertidumbre absoluta [12] de las mediciones de tiempo y longitud de la

Tabla 1:

$$\bar{t} = \sum_{n=1}^5 t_i = 151.49 \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{1}{5} \sum_{n=1}^5 |t_i - \bar{t}| = 3.724 \text{ s}$$

$$t = (151.49 \pm 4) \text{ s} \quad (1)$$

$$\bar{L} = \sum_{n=1}^5 L_i = 2.42 \text{ m}$$

$$\Delta L = \frac{1}{5} \sum_{n=1}^5 |L_i - \bar{L}| = 0.004 \text{ m}$$

$$L = (2.42 \pm 0.004) \text{ m} \quad (2)$$

Cálculos realizados para determinar el valor de la aceleración gravitatoria según ecuaciones generales del péndulo simple [9].

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$T = 2\pi\omega = 2\pi\sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$g = T^2 \frac{L}{4\pi^2} = \left(\frac{t}{50}\right)^2 \frac{L}{4\pi^2}$$

$$g = (10.34 \pm 0.6) \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

Valor de la aceleración gravitatoria obtenida por estudiantes utilizando los datos experimentales.

B. Datos calculados por Tracker al analizar video del experimento del péndulo simple.

El experimento del péndulo simple analizado en la parte A fue grabado y analizado usando Tracker, para obtener los resultados que se muestran en la figura 2.

El análisis que se realiza con Tracker sobre movimiento armónico simple del péndulo, nos facilita la ecuación que modela el movimiento del péndulo simple.

$$\omega = 2.005 \text{ rad/s}$$

$$L = 2.433 \text{ m}$$

$$x = A \sin(\omega t + \psi)$$

$$x = 0.09 \text{ m} \sin[(2.005 \text{ rad/s})(t) - 0.083 \text{ rad}] \quad (4)$$

$$g = \omega^2 L = 9.780720825 \text{ m/s}^2 \quad (5)$$

Según los estudios gravimétricos del cuadrado de Tegucigalpa [4], el valor de la magnitud de la aceleración gravitatoria en la UPNFM es de 9.78082240 m/s^2 .

La dispersión del dato obtenido a partir de Tracker en comparación al dato más preciso del análisis gravimétrico es de 0.005 %, mientras que la dispersión del dato obtenido por los estudiantes es del 2 %, por lo tanto podemos obtener valores más exactos haciendo uso de Tracker para analizar algunos eventos físicos experimentales.

IV. MÚLTIPLES HERRAMIENTAS DE TRACKER COMO ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS.

Tracker es un programa muy versátil, el cual puede ser de mucha utilidad durante el desarrollo de una clase magistral ya que permite el análisis de fenómenos físicos en tiempo real.

Este programa puede ser una gran herramienta didáctica para que los estudiantes puedan visualizar las gráficas de las magnitudes físicas, en los eventos mencionados por el docente en los problemas prácticos o ejemplos propuestos durante el desarrollo de una clase magistral.

En la figura 1 se muestra el análisis de un vídeo de caída libre, se puede observar como Tracker genera una gráfica muy clara del análisis de posición y(m) vs. tiempo.

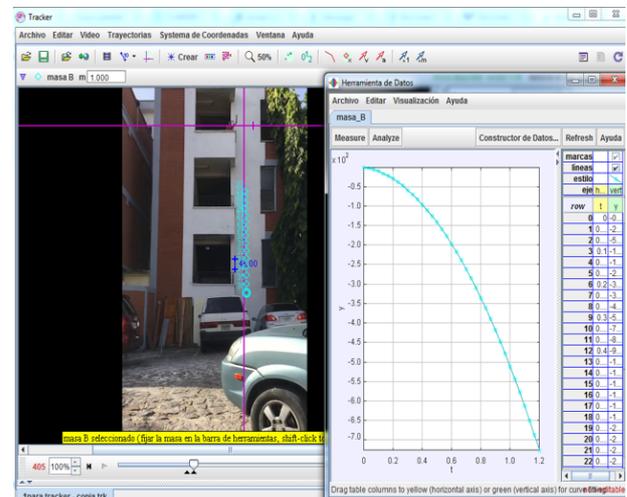


Figura 1: Análisis realizado por Tracker de una pelota en caída libre.

Incluso se pueden obtener análisis muchos más rápidos de experimentos tradicionales como el del tubo de MOREU (Movimiento Rectilíneo Uniforme), véase la figura 3. También Tracker facilita la comparación en forma simultánea del comportamiento de dos o más eventos, para poder identificar las características de cada uno de ellos. Realizar este tipo de actividad durante el desarrollo de las clases es de mucha utilidad para que el estudiante construya conocimientos sólidos sobre temas que usualmente suelen ser de difícil comprensión en los primeros cursos de física.

Es interesante reconocer que la imagen es un soporte funcional para el aprendizaje; las investigaciones llevadas a cabo en el campo educativo, encuentran que la imagen como recurso pedagógico contribuye a: la comprensión de contenidos abstractos y difíciles de interpretar, la motivación para aprender y profundizar con lecturas complementarias, la presentación de nuevos conceptos, la promoción del recuerdo de los contenidos aprendidos y enseñados, el fomento de una comunicación auténtica en el aula y relacionada con la vida cotidiana, la estimulación

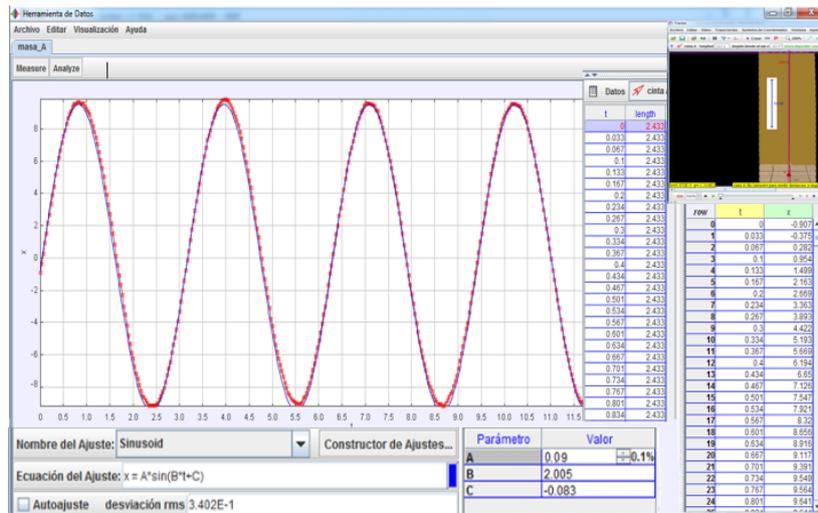


Figura 2: Datos generados por Tracker al analizar el video del movimiento del péndulo simple.

de la imaginación y expresión de emociones, la activación de conocimientos previos [11]. Por ello, la presentación de imágenes gráficas de fenómenos físicos, puede resultar de mucha utilidad en el aprendizaje de la física.

Según investigaciones realizadas con estudiantes en la Universidad de Sevilla, más de tres cuartos de los alumnos entrevistados dicen que aprender con imágenes les permitió acceder con mayor facilidad al contenido y su comprensión, así como a recordar los conceptos centrales y su implicancia social, ya que las ilustraciones sintetizan conceptos e ideas[6].

Tracker incluye el ajuste automático de curvas automáticas para imprimir la ecuación que modela los movimientos que están siendo analizados, el siguiente es un ejemplo que corresponde a una pelota que es lanzada en forma parabólica con la ecuación que lo modela, véase la figura 4 y la figura 5.

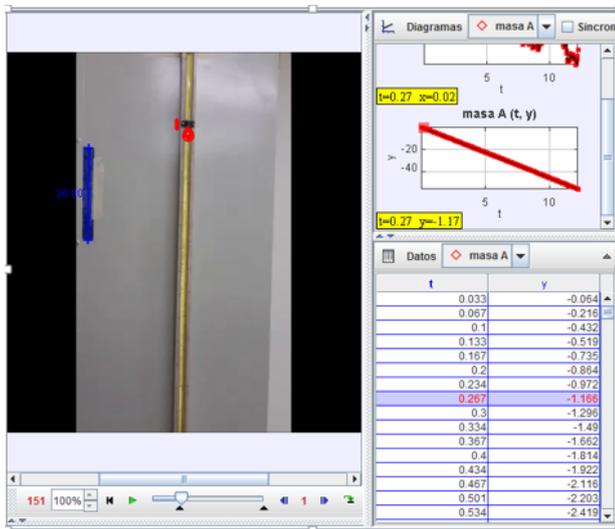


Figura 3: Análisis del movimiento de una gota de agua en aceite vegetal (Experimento del tubo de MOREU)

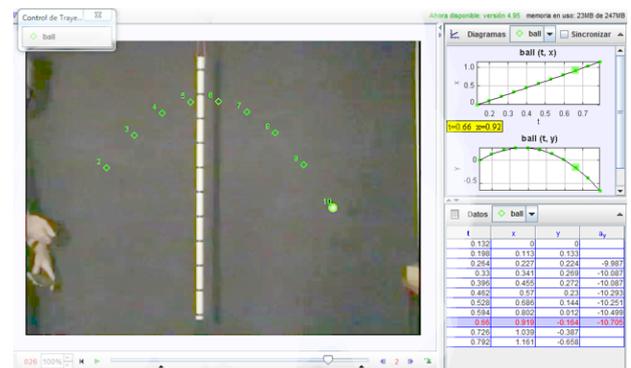


Figura 4: Pelota de ping pong en movimiento parabólico

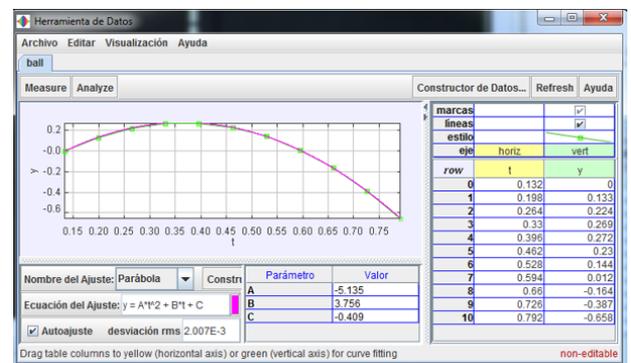


Figura 5: Regresión lineal del movimiento de la pelota de la figura 4, generada por Tracker .

Una encuesta aplicada a los estudiantes de Física General I del primer periodo académico del presente año en la UPNFM, reveló que 21 de los 23 estudiantes que cursaban la clase, se sienten más motivados hacia la parte experimental y al desarrollo de problemas prácticos, después de haber empleado Tracker para el análisis de las actividades experimentales que ya habían realizado en forma tradicional.

Es posible realizar un estudio tanto desde el punto de vista gráfico como analítico del movimiento de cuerpos, cuya ecuación de movimiento normalmente no es abordada en los cursos introductorios de física General,

éstos peculiarmente se suelen quedar en simples imágenes visuales y en ocasiones en sólo ejemplos mencionados, tal es el caso de movimientos amortiguados como se muestra en la figura 6.

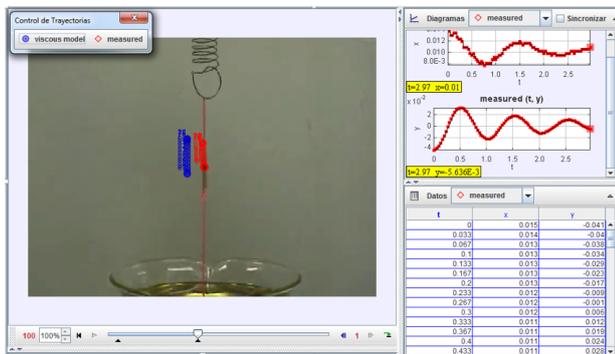


Figura 6: Movimiento de un sistema masa resorte, que está siendo amortiguado por aceite vegetal

Además de analizar vídeos, **Tracker** cuenta con herramientas que permiten crear simuladores de eventos físicos, sólo es necesario ingresar una función y parámetros que definen dicha función, de esta forma podremos crear nuestros propios simuladores muy fácilmente para emplearlos como un apoyo didáctico en las clases o actividades de laboratorio.

En las figuras 7 y 8 se muestran algunos ejemplos de las simulaciones que se pueden hacer usando **Tracker**.

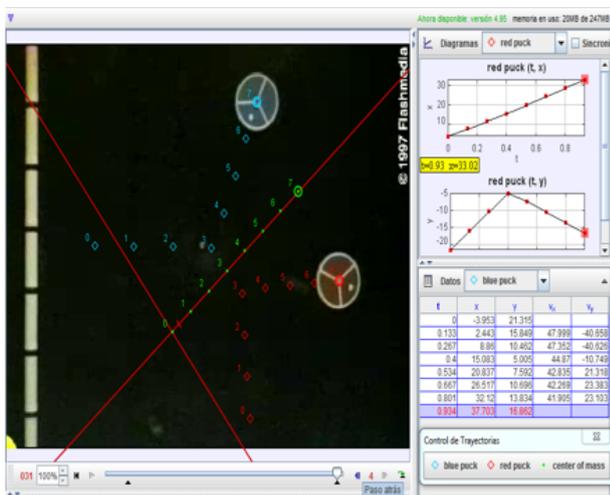


Figura 7: Simulación de un choque elástico entre dos partículas

V. CONCLUSIONES

Tracker es una herramienta didáctica con mucho potencial para explotar; sus opciones nos permiten durante prácticas experimentales, obtener datos más precisos, disminuyendo las incertidumbres de mediciones que inevitablemente son agregadas por los estudiantes, como se mostró en la comparación de las mediciones realizadas en forma tradicional vs. las realizadas usando **Tracker**.

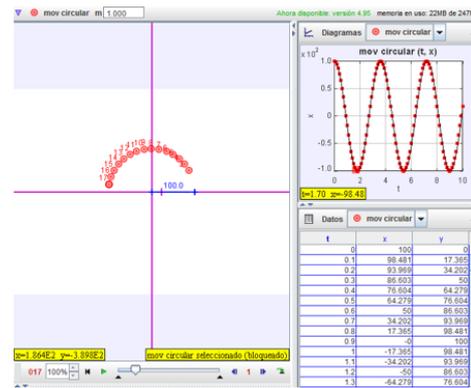


Figura 8: Simulación de una partícula con movimiento circular

La implementación de **Tracker** para el análisis de datos experimentales ayuda a mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje durante el desarrollo de conceptos Físicos, facilitando la conexión de imágenes reales a problemas teóricos.

El uso de **Tracker** es un excelente complemento para reforzar las temáticas educativas y de esta forma mejorar significativamente la consolidación de conocimientos sobre teorías y leyes físicas.

REFERENCIAS

- [1] BERNERS-LEE, T.; FISCHETTI, M. y FERNÁNDEZ, M. (2000). *Tejiendo la red: el inventor del world wide web nos descubre su origen*. El Hombre y sus obras. Siglo XXI de España. ISBN 9788432310409.
- [2] BRODY, T., *La física computacional*. En Revista Mexicana de Física, (1984) (3): 512-536.
- [3] DOUGLAS BROWN (15 de Agosto de 2015). <http://physlets.org/tracker/>.
- [4] MONCADA, C.A.T. y CANALES, E.E., *Estudio gravimétrico del cuadrángulo de tegucigalpa, valle del zamorano, valle de san juan de flores y morocelí*. En Revista Ciencia y Tecnología, (2012) (9): 27-67.
- [5] PORTER, T.S.; RILEY, T.M. y RUFFER, R.L., *A review of the use of simulations in teaching economics*. En Social science computer review, Volumen 22 (2004) (4): 426-443.
- [6] RIGO, D.Y., *Aprender y enseñar a través de imágenes: desafío educativo*. En ASRI: Arte y sociedad. Revista de investigación, (2014) (6): 6.
- [7] ROQUE, R.; MARTÍNEZ, M.; FERNÁNDEZ, A. y TORRES, R. (2013). *Integración de las tecnologías de la simulación con la formación en cirugía mínimamente invasiva*. En V Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2011 May 16-21, 2011, Habana, Cuba, Págs. 343-346. Springer.

- [8] DE SANTOS, F.F., *Eduward bono "cinturon negro"*. En La revista del Liderazgo, (2006): 39.
- [9] SERWAY, R.A.; JEWETT, J.W. y OLGUÍN, V.C. (2009). *Física para ciencias e ingeniería*. Cengage learning.
- [10] SUAZO, M. *Guía para prácticas de laboratorio, péndulo simple*.
- [11] TAPIA, J.A., *Motivación para el aprendizaje: la perspectiva de los alumnos*. En la orientación escolar en centros educativos, (2005).
- [12] TAYLOR, J. (1997). *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements*. A series of books in physics. University Science Books. ISBN 9780935702750.