**Universidad Iberoamericana Puebla**

**Repositorio Institucional** **http://repositorio.iberopuebla.mx**

Coloquio sobre Buenas Prácticas Docentes en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias Básicas 2018

# Tracker: Una herramienta para el Análisis y Modelado del Movimiento de Objetos en el Laboratorio de Dinámica

Mondragón Sánchez, Juan Antonio

2018-03

http://hdl.handle.net/20.500.11777/3822

*http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf*

# Tracker: Una herramienta para el Análisis y Modelado del Movimiento de Objetos en el Laboratorio de Dinámica

J. A. Mondragón Sánchez [(1)]

[(1)] *Universidad Iberoamericana de Puebla*
Departamento de Ciencias e Ingenierías
juanantonio.mondragon@iberopuebla.mx
mondragonsja@gmail.com

***Resumen*—En el laboratorio de dinámica es fundamental realizar mediciones de la posición, la velocidad y la aceleración de un objeto en movimiento, con el fin de caracterizar su dinámica. Para el caso del movimiento en una dimensión existen modelos simples, tales como, las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniforme o del movimiento uniformemente acelerado. Sin embargo, cuando se analiza experimentalmente el movimiento de objetos que se desplazan en dos o tres dimensiones, el uso de sensores de movimiento solamente permite registrar mediciones unidimensionales.**

**Nuestra propuesta para caracterizar la cinemática de un objeto en movimiento en dos o tres dimensiones, es grabar un video de su movimiento, para luego digitalizar su trayectoria mediante el uso del programa Tracker. Este programa permite tanto la extracción de datos de posición, velocidad y aceleración del objeto, como también la posibilidad de construir diferentes tipos de gráficas y el ajuste de curvas con modelos empíricos simples o complejos. En este trabajo se presentarán las principales características del programa Tracker y se ejemplificará su uso presentando el caso del movimiento de tiro parabólico.**

***Palabras clave—posición, velocidad, aceleración, Tracker, modelado.***

## I. Introducción

En el laboratorio de dinámica es fundamental la realización de experimentos en los cuales se midan fácilmente variables cinemáticas y dinámicas del movimiento de un objeto con la ayuda de sensores. Su modelización requiere al menos del conocimiento de la posición, la velocidad y la aceleración, aunque otras variables, tales como, las fuerzas, el momento lineal, momento angular, las torques, sean útiles. Se pueden estudiar partículas, cuerpos rígidos o incluso otros sistemas como fluidos.

Para facilitar la medición de estas variables en laboratorio, suelen usarse interfaces, entre las más conocidas *Labquest 2* (Figura 1) de Vernier Inc. [1] o *Sparklink Air* (Figura 2) de Pasco Inst. [2]. El uso de estas interfaces en conjunto con sensores requiere programas bajo licencia, tal como, *LoggerPro* [3] de Vernier Inc. [1] o *Sparkvue* [4] de Pasco Inst. [2].

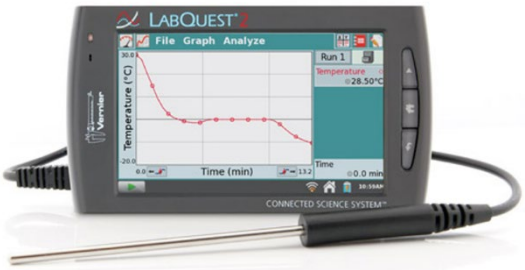



Fig. 1. Interface LabQuest 2 de Vernier Inc. [1].

Fig. 2. Interface Sparlink Air de Pasco Inst. [2].

Estos equipos resultan sumamente prácticos y permiten realizar una gran variedad de experimentos en dinámica y otras áreas de la física. Además, existen paquetes de aditamentos que permiten medir con mayor precisión y exactitud variables tales como la aceleración de la gravedad, usando el sistema de Vernier Inc. mostrado en la figura 3, o el sistema de Pasco Inst., mostrado en la figura 4.

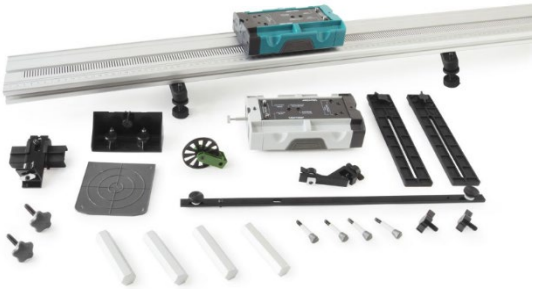


Fig. 3. Sistema dinámico de riel y carrito de Vernier Inc. [1].

Fig. 4. Sistema para estudio del movimiento de caída libre de Pasco Inst. [2].

Sin embargo, el uso de estos equipos requiere que el estudiante realice sus experimentos en el laboratorio con el uso de interfaces, sensores y sobre todo programas con licencia. Adicionalmente, hay que considerar que el movimiento real de un objeto es más mucho más complejo que el movimiento unidimensional estudiado en el laboratorio. Por ello hemos propuesto el uso del programa Tracker [5] que es una herramienta de análisis de video y modelado de licencia libre (GPL), que proporciona a los estudiantes de laboratorio nuevas formas de entender, describir, explicar y predecir fenómenos físicos.

## II. Desarrollo del Artículo

Para caracterizar el movimiento de un objeto mediante Tracker, se requiere grabar primero un video del movimiento de un objeto, el cual será leído en la ventana principal del programa. Mostrada en la figura 5.

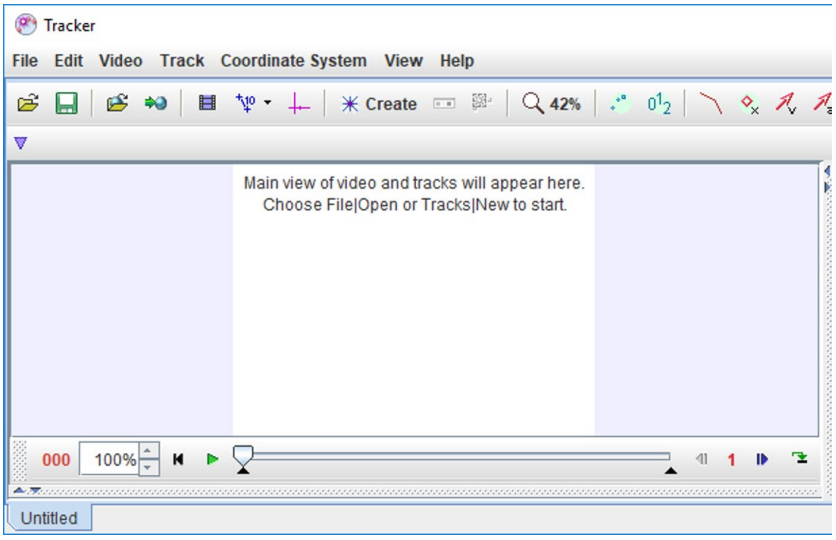



Fig. 5. Ventana principal de Tracker.

El programa Tracker presenta las siguientes características:

- *Etiquetado o identificación de los objetos en movimiento.*
- *Generación de datos y análisis.*
- *Herramientas de video.*
- *Constructor de modelos.*
- *Recursos de la librería digital.*

El *etiquetado de objetos* permite elegir el objeto a seguir y marcar de forma manual o automática su posición, velocidad o aceleración. Cada objeto puede ser modelado como una partícula o como un centro de masa. Además se puede visualizar gráficamente vectores o suma de vectores, ver en la figura 6.

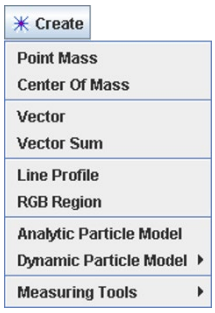
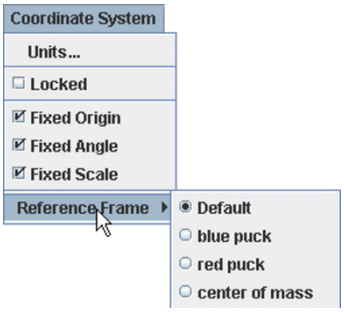


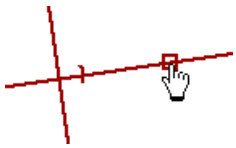

Fig. 6. Submenú de etiquetado de objetos.

La *generación de datos y análisis* permite fijar un sistema de referencia fijo o variable con el tiempo de escala ajustable y que además puede estar rotado. Tiene distintas opciones de calibración, ajuste al centro de masa de un sistema de varias partículas y ajuste de unidades (opción por defecto en sistema

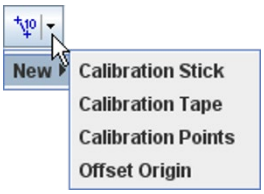
internacional). También, permite construir gráficas en distintas variables y analizarlas mediante ajuste de curvas, entre otras opciones, ver figura 7.

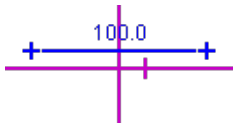



a)

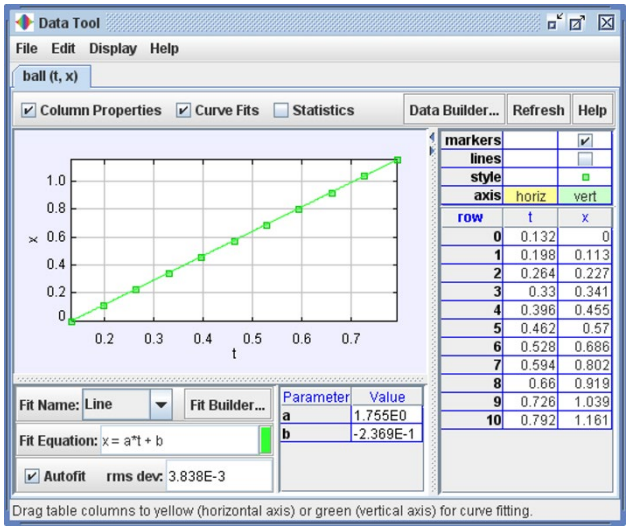


b)




c)




d)

Fig. 7. Submenús que permiten elegir a) El tipo de sistema de referencia y sus unidades, b) La posición de los ejes y su ángulo de rotación y c) La distancia real en el video mediante una cinta métrica. d) Menú que permite realizar ajuste de curvas.

Las *herramientas de video* soportan la lectura y escritura de videos en distintos formatos (mov/avi/flv/mp4/wmv). También se incluyen herramientas de filtrado de video, brillo/contraste, filtros de corrección de distorsión de perspectiva cuando los objetos son fotografiados rotado y distintas herramientas para exportar videos y modificar sus propiedades como dimensiones, el número de cuadros por segundo, etc, ver figura 8.

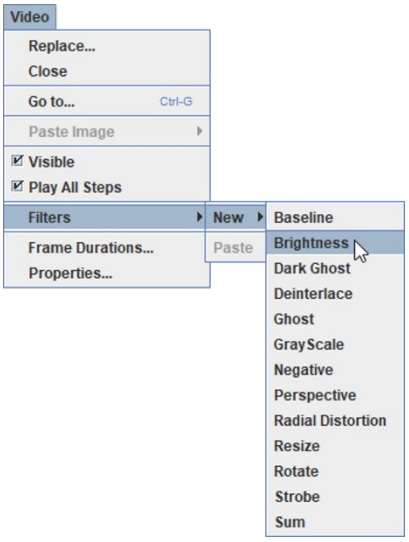



Fig. 8. Submenú de video y sus opciones de filtrado para corregir defectos en los cuadros de imagen del video.

El *constructor de modelos* permite crear modelos cinemáticos y dinámicos de partículas o sistemas de dos cuerpos, ver figura 9.

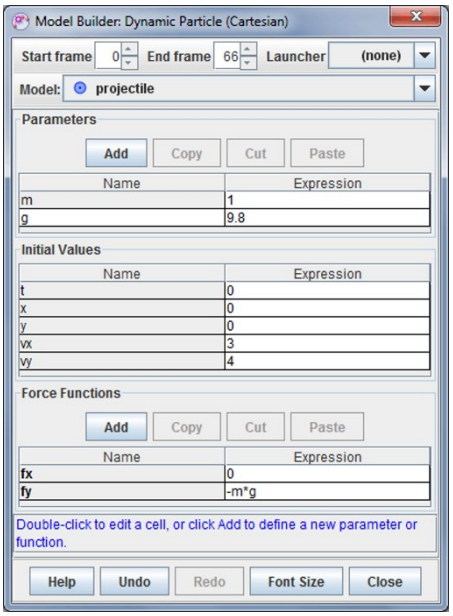



Fig. 9. Constructor de modelos donde se define una partícula con velocidad inicial sujeta a un campo gravitacional terrestre.

Finalmente, *los recursos de la librería digital* proporcionan una librería de videos de experimentos y colección de recursos en línea los cuales pueden localizarse por nombre, autor, palabra clave u otro

metadato, ver figura 10.

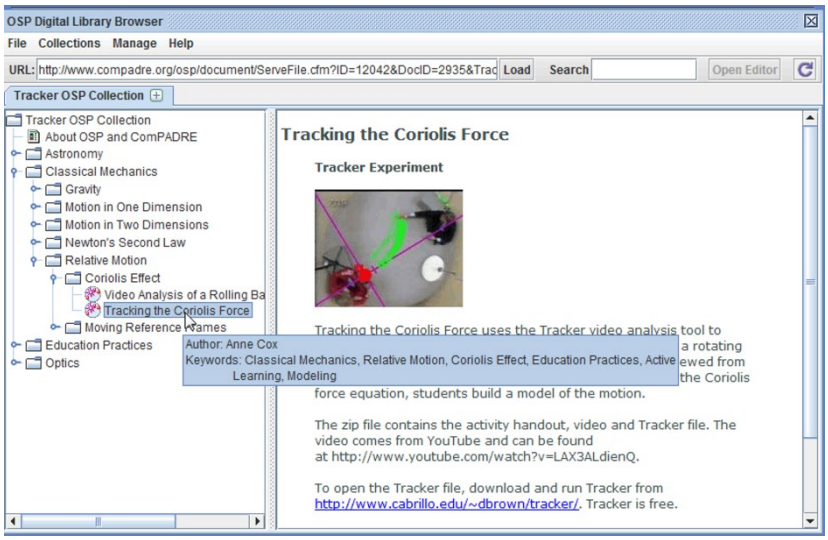



Fig. 10. Ventana de la biblioteca digital que permite buscar videos de experimentos de física.

*Movimiento de tiro parabólico analizado con Tracker*

Existe una enorme cantidad de experimentos de física analizados en Tracker. Entre otros podemos mencionar el movimiento rectilíneo de un partícula [6], la caída libre de un objeto en el vacío [7] o en un fluido como un líquido [8], el movimiento de tiro parabólico [9] o el movimiento armónico simple [10]. En nuestro caso hemos analizado varios movimientos usando Tracker en el laboratorio de dinámica. En particular, presentamos el tiro parabólico de una partícula, ver figura 11.

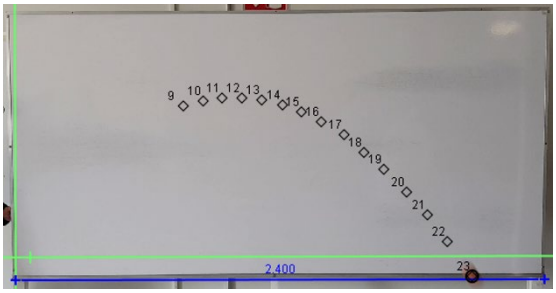



Fig. 11. Experimento de tiro parabólico presentado en Tracker, donde se muestra la trayectoria del objeto (rombos en color negro), el sistema de referencia (líneas en color verde) y la cinta métrica (línea en color azul).

La primera parte del análisis con Tracker, consiste en caracterizar la trayectoria del objeto, su sistema de referencia y las medidas reales del experimento, tal como se muestra en la figura 11. La segunda parte del análisis, genera una tabla de datos (posición, velocidad, aceleración) a partir de la cual se realizan las gráficas y el ajuste a un modelo.

## III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron las características principales del programa Tracker y se ejemplificó su uso con un movimiento de tiro parabólico. Para grabar el movimiento se usó la cámara de un celular. El video se analizó con Tracker para extraer los datos y experimentales y realizar el tratamiento matemático. De este trabajo se concluye que Tracker es una herramienta extremadamente útil y práctica que permitirá a

los estudiantes de laboratorio nuevas formas de entender, describir, explicar y predecir fenómenos físicos. Entre nuestras propuestas se encuentra el desarrollo de prácticas de laboratorio más complejas, como por ejemplo, el tiro parabólico de un conjunto de partículas siguiendo el centro de masa, el movimiento oscilatorio amortiguado, el movimiento de un objeto en un fluido, entre otras. Además, proponemos usar cámaras ultra-rápidas para obtener un mayor número de datos experimentales.

## IV. Agradecimientos

Agradezco a los alumnos del curso de laboratorio de dinámica, cuatrimestre primavera 2018, por su participación en las prácticas usando Tracker y su paciencia para aprender a utilizarlo. Agradezco en particular a los alumnos: Salma Tzay Ramírez Cruz, Jesús Antonio Lares Hernández y Alberto Isaac Lagunas Moreno, por haberme facilitarme el video de movimiento de tiro parabólico.

## V. Referencias

[1] Vernier Inc. (2018, Mar). Disponible en: https://www.vernier.com/
[2] Pasco Inst. (2018, Mar). Disponible en: https://www.pasco.com/index.cfm
[3] Logger Pro. (2018, Mar). Disponible en: https://www.vernier.com/products/software/lp/
[4] Sparckvue. (2018, Mar). Disponible en: https://www.pasco.com/prodMulti/sparkvue-software/index.cfm
[5] Tracker (2018, Mar). Disponible en: https://physlets.org/tracker/
[6] M. G. Nugraha, "Optimization of Rectilinear Motion Experiments using Tracker Application", *in Proc. 2018 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* pp. 012096.
[7] L. K. Wee et al, "Using Tracker to understand 'toss up' and free fall: a case study", *Phys. Educ*., vol. 50, pp. 436, 2015.
[8] C. Sirisaththitkul et al, "Digital video analysis of falling objects in air and liquid using Tracker", *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 35, pp. 1504, 2013.
[9] L. K. Wee et al, "Using Tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion", *Phys. Educ*., vol. 47, pp. 448, 2012.
[10] J. Kinchin, "Using Tracker to prove the simple harmonic motion equation", *Phys. Educ.*, vol. 51, pp. 053003, 2016.