

MEDICIÓN CON TRACKER (CINEMÁTICA EN UNA DIMENSIÓN)

MAURICIO RAMOS, NELSON ZAMORANO

1. DESCRIPCIÓN DE TRACKER

Tracker es el programa de análisis de video que nos permitirá estudiar el movimiento unidimensional de un cuerpo a partir de un archivo de video. Con este programa puede determinarse la trayectoria de un cuerpo y generar una tabla de mediciones de posición contra tiempo. Tracker puede calcular, a partir de las mediciones de posición, los valores correspondientes de velocidad y aceleración. También existe la opción de definir cantidades que Tracker puede calcular a partir de las anteriores, como por ejemplo la energía cinética o potencial del cuerpo. El programa también puede generar gráficos de las cantidades de interés y posee un conjunto básico de funciones de análisis de datos, tales como ajuste de curvas, funciones estadísticas, mediciones de área en gráficos, etc.

Al abrir el programa usted verá una ventana con una barra de menús, una barra de herramientas, una sección donde aparecerá el video a analizar, llamada *Vista de video*, y dos secciones donde aparecerán los datos y los gráficos que el programa genere. Estas últimas secciones son llamadas *Vista de datos* y *Vista de gráfico*, como se muestra en la figura (1). Finalmente, bajo la vista principal aparecen botones y deslizadores nos permiten controlar y configurar el video.

2. VIDEO Y AJUSTES DE CORTE

Para cargar un video basta usar la opción abrir del menú *Archivo* de la barra de herramientas. Alternativamente puede arrastrar el video sobre la vista de video. Una vez cargado el video, este aparecerá en la vista de video.

Típicamente sólo necesitamos analizar cierta porción del video. Para elegir qué intervalo de *cuadros* del video usaremos para la medición, debemos establecer los cuadros inicial y final del intervalo de interés. Mediante el deslizador de video, que se muestra en la figura (2), podemos movernos a través de los cuadros del video y ubicarnos en el cuadro que consideremos como el inicial. Esto puede hacerse ya sea mediante el ratón, ya sea seleccionado el deslizador con el ratón y luego moviéndolo con las flechas del teclado o bien con los botones de flecha en los controles de video.

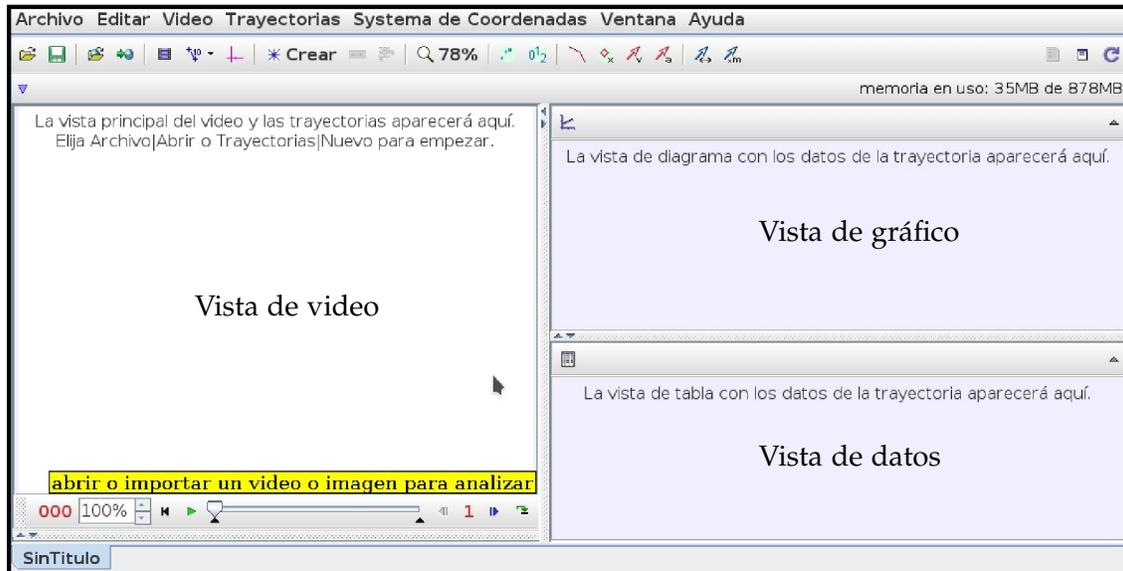


FIGURA 1. Interfaz de Tracker

Finalmente, con el cursor del ratón sobre el deslizador de reproducción, presionamos el botón derecho y seleccionamos del menú que aparecerá la opción *Establecer cuadro inicial aquí*. El deslizador triangular negro izquierdo, se ubicará en la posición del cuadro inicial del intervalo de video. De forma analoga establecemos el cuadro final del intervalo. Podemos cambiar también los cuadro inicial y final moviendo los deslizadores triangulares negros que marcan los cuadros inicial y final.

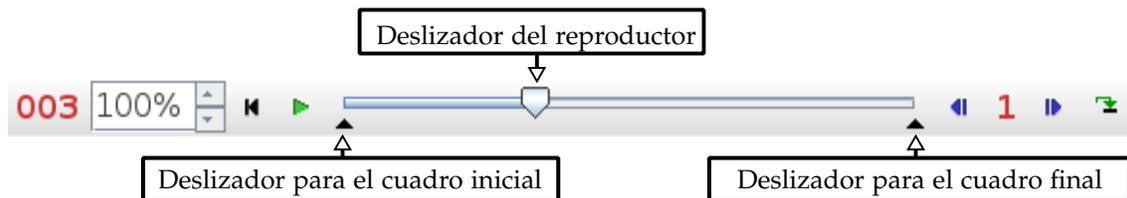


FIGURA 2. Controles de video

3. SISTEMA DE COORDENADAS Y UNIDAD DE MEDICIÓN

El paso siguiente es establecer un sistema de coordenadas apropiado, por ejemplo uno que posea un eje que coincida con la trayectoria rectilínea del cuerpo cuyo movimiento

queremos analizar. Como ejemplo de tal movimiento consideraremos de aquí en adelante al movimiento de un carro que se mueve sobre un riel, como se muestra en la figura (4). Para establecer las coordenadas seleccionamos la opción *Mostrar/ocultar ejes coordenados* de la barra de herramientas, que nos mostrará un sistema de coordenadas $x - y$, tal como se aprecia en la figura (3).

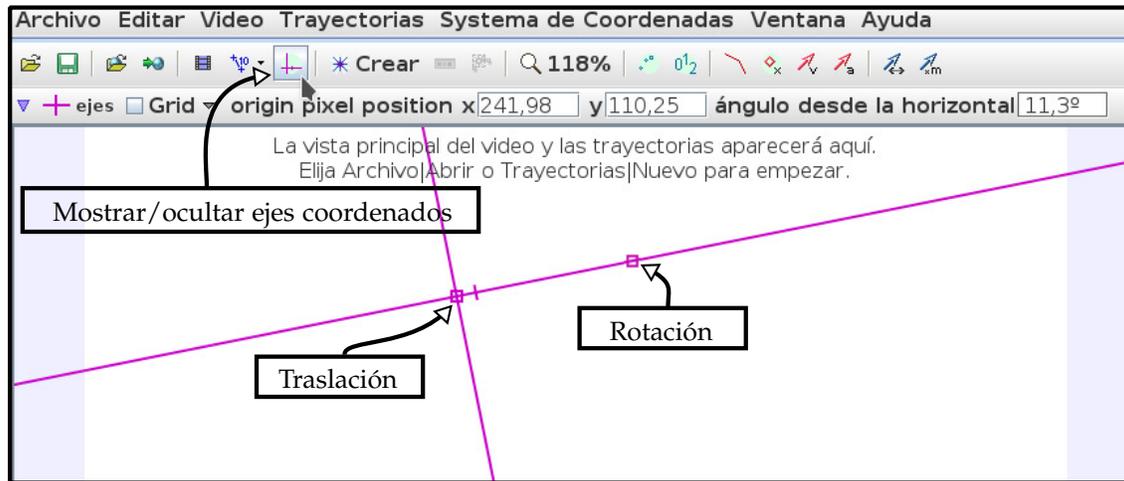


FIGURA 3. Estableciendo los ejes coordenados

Para mover el origen del sistema de coordenadas, presionamos el botón izquierdo del ratón sobre él, lo que hará que este punto se destaque con una cuadrado. Posteriormente podemos posicionar el origen presionando el botón izquierdo del ratón sobre este cuadrado y arrastrándolo a cualquier punto deseado sobre la imagen. Esto último puede hacerse también con las flechas del teclado.

Para rotar los ejes, presionamos el botón izquierdo del ratón en cualquier punto sobre los ejes que no sea el origen. Nuevamente aparecerá un cuadrado que posteriormente, presionando el botón izquierdo del ratón y arrastrándolo, nos permitirá girar los ejes con respecto al origen. Nuevamente esta última acción puede realizarse también con las flechas del teclado.

Alternativamente pueden usarse las entradas en la barra bajo la barra de herramientas, nombradas *origen pixel position* y *ángulo desde la horizontal* para cambiar la posición del origen e inclinación de los ejes respectivamente.

Si posiciona el cursor del ratón en cualquier lugar de la vista de video, el programa entregará la posición del punto en pixeles. Para realizar una medición necesitamos hacer la conversión entre pixeles y alguna unidad de longitud (por ej. cm). Para hacer esto necesitamos que en el video aparezca alguna distancia conocida. En el video de ejemplo de la figura (4) se muestra un riel que posee segmentos rojos y blancos donde cada segmento mide 10 cm. Para realizar la conversión seleccionamos la herramienta *Mostrar*,

ocutar o elegir herramientas de calibración, luego del menú desplegable seleccionamos *Nuevo* y luego *Vara de calibración*. Aparecerá ahora en la vista de video la vara de calibración. La dinámica de la barra de calibración es similar a la de los ejes. Para mover la barra seleccionamos con el ratón algún punto entre los extremos, el punto quedará marcado con un cuadrado que podemos arrastrar o mover con las flechas del teclado a cualquier posición del cuadro del video. Para mover los extremos de la barra el procedimiento es análogo. Finalmente, para realizar la calibración, hacemos coincidir los extremos de la barra con los extremos de un segmento rojo, por ejemplo, e ingresamos la longitud de la barra en la entrada *longitud*, que en este caso es 10,00.

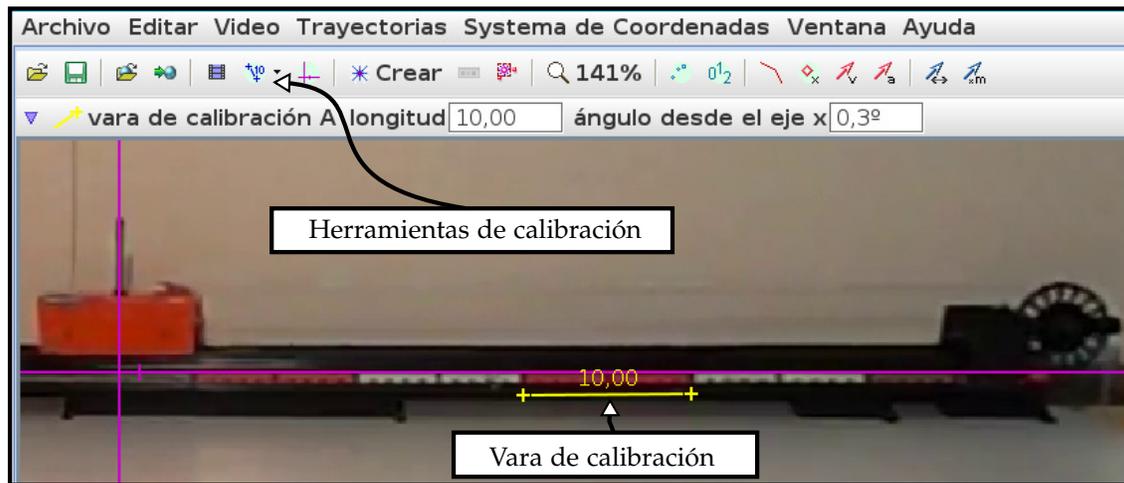


FIGURA 4.

4. TRAYECTORIA

Para determinar la trayectoria del objeto a seguir, debemos seleccionar *Crear* en la barra de heramientas y luego elegir del menú desplegable la opción *Masa puntual*. Esta opción nos permite hacer un seguimiento de un punto determinado de un objeto en movimiento. En nuestro ejemplo nos interesa el punto mostrado en la figura (5).

Para comenzar un seguimiento presionamos la tecla *Shift* e inmediatamente después, cuando el cursor esté posicionado sobre el punto a seguir, el botón izquierdo del ratón. Una vez hecho esto el video avanzará un cuadro y repetimos el procedimiento hasta alcanzar el cuadro final del intervalo de interés. No debe saltarse cuadros o las velocidades y aceleraciones no podrán ser determinadas. Siempre puede ajustar una posición seleccionada arrastrándola con el ratón o puede marcar la posición con el ratón y moverla con las flechas del teclado. Presionando el botón derecho del ratón puede aumentar el tamaño del cuadro, para un marcado más preciso, seleccionando la opción *Zoom In*. Si su ratón posee una rueda o algo equivalente, esta servirá también para ajustar el nivel de aumento de la imagen.

También dispone de la opción *seguimiento automático* o *Autotracker*¹. El programa puede determinar automáticamente la posición de un objeto, siempre y cuando este destaque del fondo del video. Es conveniente disponer un fondo de un sólo color que contraste con el color del objeto a seguir, como se muestra, por ejemplo, en la figura (4), donde el fondo es blanco y el objeto a seguir es negro (la punta de la barra puesta sobre el carrito). Para comenzar el seguimiento, se posiciona el puntero del ratón sobre el punto a seguir sobre el objeto y se presionan simultáneamente las teclas *Shift* y *Ctrl*. Aparecerá entonces una ventana con opciones que permiten ajustar varios parámetros, como el tamaño de la imagen o modelo (*template*) que Tracker intentará seguir, el tamaño del área de búsqueda del modelo dentro de los cuadros del video, la posición del punto del modelo que queremos seguir, etc. Todos estos parámetros se pueden ajustar gráficamente con el ratón o el teclado. Una vez que esté conforme con los ajustes, presione el botón *Search*. Tracker intentará ahora determinar automáticamente la trayectoria del objeto. El proceso concluirá cuando llegue al final del video o cuando Tracker no pueda determinar con cierta certeza la posición.

Si no está de acuerdo con una posición asignada, puede corregir manualmente seleccionando la posición marcada con el ratón, ya sea sobre la vista de video o sobre la vista de gráfico, luego arrastrándolo con este sobre la vista video o moviéndolo con las flechas del teclado. Para ver todas las posiciones marcadas, presione el botón *Fijar longitud de trayectoria*, que se muestra destacado con un círculo en la figura (5), y marque la opción *Pasado y futuro*.

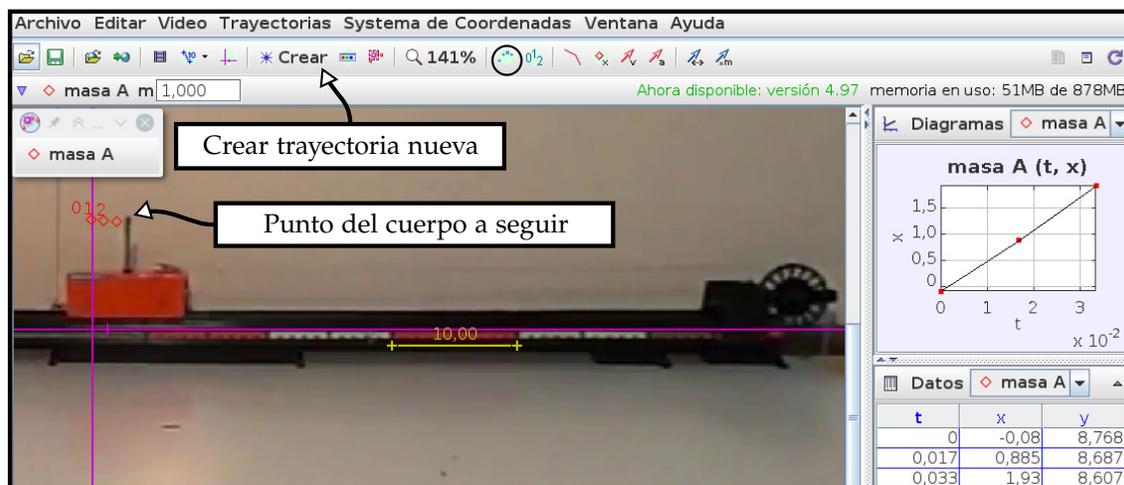


FIGURA 5. Creando una trayectoria

¹La interfaz no está totalmente traducida al castellano.

5. GRÁFICOS Y ANÁLISIS DE DATOS

En la vista de datos aparecen, por defecto, las posiciones x e y del móvil. Podemos cambiar esto haciendo que se muestre, por ejemplo, la velocidad en x , llamada v_x , presionando el botón *Datos* de la vista de datos. Aparecerá un menú que nos dará la opción de marcar o desmarcar las opciones predefinidas que aparecen en la tabla de datos, como se muestra en la figura (6). En el ejemplo desmarcamos y y marcamos v_x .

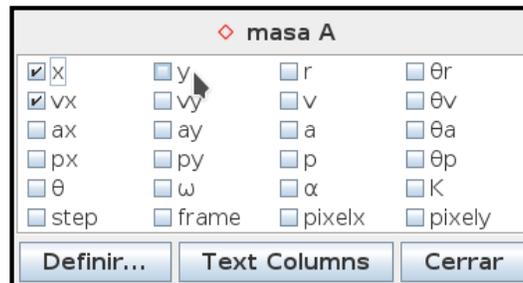


FIGURA 6.

Presionando el botón derecho del ratón en cualquier punto de la vista de datos, aparecerá un menú del cual seleccionamos la opción *Analizar*. Esto abrirá una ventana llamada *Herramienta de datos*, que es lo que se muestra en la figura (7). En esta ventana aparecen, en nuestro ejemplo, los gráficos x contra t y v_x contra t , la respectiva tabla de datos y múltiples botones. Sobre la tabla de datos la fila *líneas* permite marcar o desmarcar la opción de unir los puntos del gráfico por líneas. La fila *marcas* permite hacer visible una columna de datos o quitarla (la segunda columna aparece siempre bloqueada para estas opciones). La fila *estilo*, permite cambiar el color y la forma de los marcadores para los puntos del gráfico.

El botón *Analyze*, permite desplegar un menú con tres herramientas. Estamos interesados en la opción *Ajuste*. Esta opción permite ajustar una curva a los puntos correspondientes a las dos primeras columnas de la tabla, marcadas con amarillo para el eje horizontal, en este caso el tiempo t , y verde para el eje vertical, en nuestro ejemplo es la posición x . Al seleccionar *Ajuste* se mostrarán en la parte baja de la ventana las opciones del ajuste que pueden elegirse. En nuestro ejemplo ajustamos una ecuación cuadrática a los datos de posición contra tiempo. El programa calcula los parámetros del ajuste, que en este caso son de interés pues los datos se ajustan bien a un modelo de movimiento con aceleración constante.

La opción predeterminada para ajustar una curva es *Autoajuste*. Sin embargo a veces Tracker no puede ajustar en forma automática y de manera satisfactoria una determinada ecuación a los datos. En este caso podemos variar en forma manual los parámetros del ajuste, posicionando el puntero del ratón en el valor del parámetro que queremos cambiar y presionando el botón izquierdo. En caso que no estemos satisfechos con las

ecuaciones de ajuste que nos presenta Tracker, podemos construir nuestro propio *ajuste* presionando el botón *Constructor de Ajustes*.

En la figura (8) se muestra un ejemplo del uso de esta herramienta. Se ha construido un nuevo ajuste llamado *ajuste1*, cuya ecuación es $x = a1 * \sinh(a2 * t)^2$, siendo $a1$ y $a2$ los parámetros a variar.

En la figura (9) se muestra cómo pueden variarse los parámetros cambiando el valor de $a2$ a manera de ejemplo. Un indicador de la bondad del ajuste es la desviación rms, por lo tanto es un número que hay que tener presente cuando variemos los parámetros. Puede usar nuevamente la opción autoajuste en cualquier momento para mejorar el ajuste manual.

Puede cambiar la escala del gráfico y el origen posicionando el cursor del ratón en distintas posiciones del eje vertical: a *grosso modo* arriba, al medio y abajo del eje. En estas posiciones el cursor se trasforma en flechas que permiten hacer estos cambios arrastrándolas con el ratón.

El menú *Archivo* de la barra de herramientas permite grabar, exportar los datos como un archivo de texto, imprimir, etc.

²sinh simboliza al seno hiperbólico. No se preocupe si no conoce esta función, sólo ha sido elegida como ejemplo de que Tracker posee una *biblioteca* de funciones bastante decente, y debido a que a unos de los autores le recuerda vágamente a una parábola en el intervalo de ajuste.

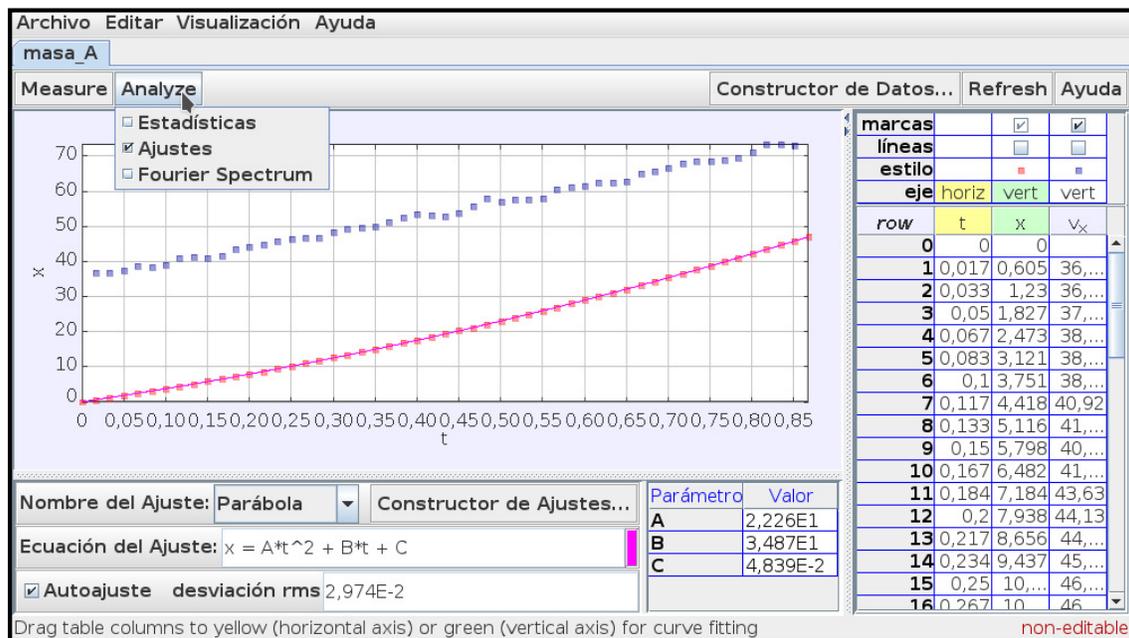


FIGURA 7. Herramienta de datos

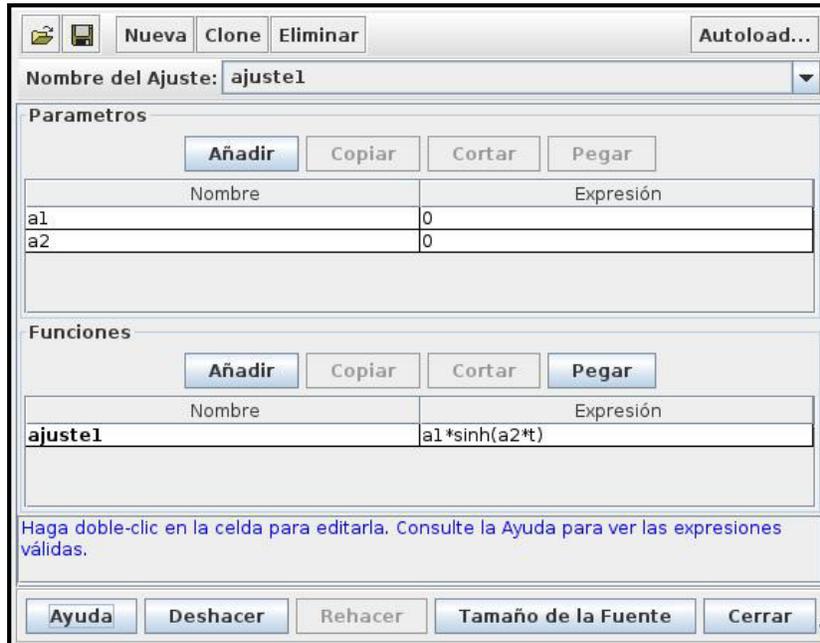


FIGURA 8. Constructor de ajustes

6. CONSTRUCTOR DE DATOS

Para concluir veremos cómo pueden agregarse nuevas columnas definiendo otras magnitudes físicas que puedan calcularse a partir de los datos que se tienen. Presionando el botón *Constructor de Datos* en la ventana *Herramienta de datos*, se despliega una ventana con diversas opciones, lo que se muestra en la figura (10)

Si queremos calcular, por ejemplo, la energía cinética K del objeto, ingresamos en *Parámetros*, la masa m , a la cual asignamos un valor de $0,01$. Luego añadimos la *función de datos* K definida por la expresión $mv^2/2$. En la tabla de datos aparecerá ahora una nueva columna correspondiente a K . Ahora, si que queremos por ejemplo ajustar una curva al gráfico K contra tiempo y no mostrar x ni v_x , entonces primero arrastramos la columna correspondiente a K a la posición donde está la columna x . Para eso presionamos el botón izquierdo del ratón en la columna K y fila *Row*, y manteniendolo así arrastramos a la posición fila-columna (Row,x) . La columna x cambiará de posición con K . Finalmente desmarcamos x y v_x . Automáticamente el ajuste se refiere ahora a K contra t . El resultado es el que se muestra en la figura (11)

7. OBSERVACIONES FINALES

La mayoría de lo aquí explicado puede hacerse de varias formas. Por ejemplo los cuadros iniciales y finales del video también pueden establecerse mediante el menú

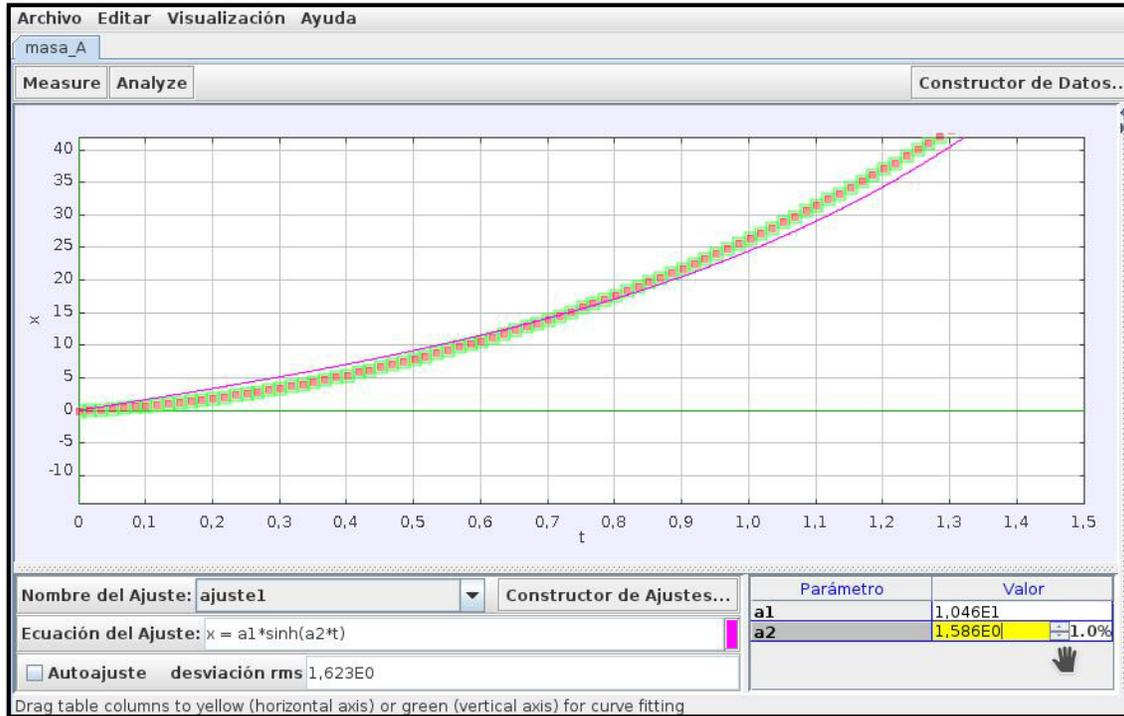


FIGURA 9.

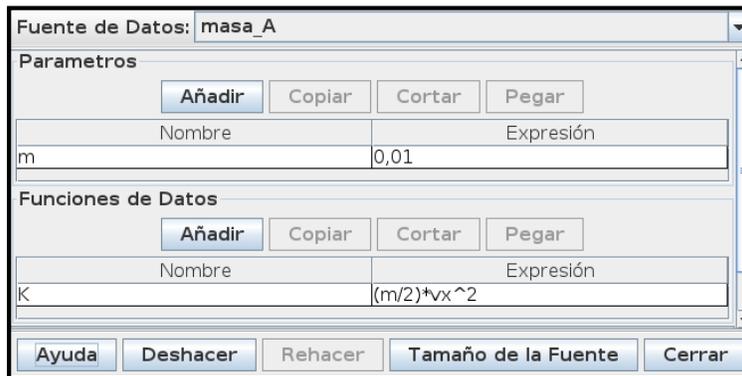


FIGURA 10. Constructor de datos

Ajustes de corte, una masa puntual puede crearse también a partir del menú *Trajectorias*, etc.

Todo nuestro trabajo puede guardarse, para un posterior análisis, en un archivo Tracker (extensión trk).

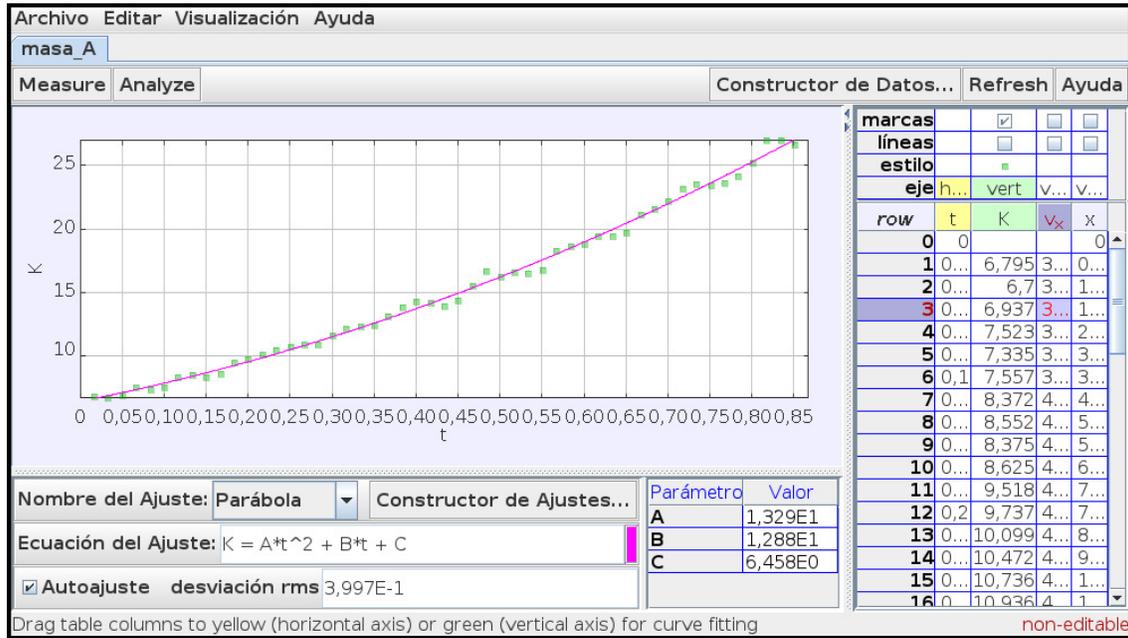


FIGURA 11.

Para mayor información puede consultar el manual de Tracker, disponible en el sitio web: <http://www.physlets.org/tracker/>. También encontrará tutoriales y videos de muestra.