Frecuencia a Emplear en el Estudio de Movimiento Usando un Ticómetro.

Frequency to employ in movement study using a ticket timer.

J. W. Ocampo.[1]*, J. J. María[2], J. G. Doria[3]

Recibido: 5 de agosto de 2015

Aceptado:10 de octubre de 2015

Resumen

En las prácticas de movimiento en laboratorios de física es común el uso del ticómetro, las guías de laboratorio indican que se debe usar una frecuencia de 60 Hertz, la cual es correspondiente a la frecuencia del sistema eléctrico doméstico. El uso de una frecuencia de 60 Hz da resultados incorrectos en este tipo de prácticas. En este artículo se pretende mostrar que la frecuencia a utilizar en estas prácticas de movimiento debe ser 120 Hertz. Para demostrar esto se procede a usar el ticómetro en la práctica de caída libre, encontrando que el uso de esta frecuencia da resultados razonables para el valor de la aceleración gravitacional de la tierra cerca de la superficie terrestre. El uso de la frecuencia de 120 Hertz se fundamenta en el hecho de que la bobina del ticómetro se magnetiza tanto en la fase positiva como en la fase negativa de la corriente del sistema eléctrico y en cada fase de la magnetización de la bobina el percutor es atraído para golpear la cinta y marcar un punto en ella razón por la cual presenta dos puntos en un ciclo.

Palabras clave: *Ticómetro, timbre registrador, registrador de tiempo, movimiento uniformemente acelerado, caída libre, Física.*

1 Químico U de A, Especialista en gestión de la Tecnología Educativa U de S, Técnico Operativo Institución Universitaria Pascual Bravo. Mail: jorge.ocampo@pascualbravo.edu.co

2 Físico U de A, Perito Físico, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses Regional Noroccidente - Medellín – Antioquia – Colombia.

3 Físico UN, Master en física UN, Docente Escuela de Física, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

J. W. Ocampo, J. J. María, J. G. Doria. "Frecuencia a Emplear en el Estudio de Movimiento Usando un Ticómetro". Revista CINTEX. Vol. 20, N° 2, pp. 67-78. 2015.

Abstract

In practice of movement in physics laboratories commonly use ticket timers and the laboratory guides indicate that a frequency of 60 Hertz is used. Which is corresponding to the frequency of the domestic electrical system; the use of a frequency of 60Hz gives incorrect results in such practices. This article is intended to show that the frequency to be used in these practices of movement should be 120 Hertz. To demonstrate this we proceed to use the ticometer in a practice of freefall, to find that the use of this frequency gives reasonable results for the value of the gravitational acceleration of the earth near the earth's surface. Using the frequency of 120 Hertz is based on the fact that the coil magnetizes the ticometer both the positive phase and the negative phase of the current of the electrical system and in each magnetization phase of the coil the firing pin is attracted to hit the tape and mark a point which explains why it has two points in a cycle.

Keywords: *Ticometer, ticket timer, time recorder, uniformly accelerated motion, free fall, Physics, Physical practices.*

1. Introducción

En el estudio del movimiento en laboratorios universitarios y tecnológicos, es muy frecuente el uso del ticómetro, debido a la versatilidad del instrumento y la ayuda que brinda para los estudiantes llegar a comprender cuando un movimiento es uniforme y cuando es acelerado. Ésto se evidencia mediante la inspección de la cinta de papel que se obtiene en el uso de este equipo, por la diferencia que se aprecia en los puntos que el ticómetro registra en la cinta de papel cuando un móvil se desplaza [1].

Las gráficas que se obtienen a partir de las mediciones realizadas en la cinta que registra el ticómetro ayudan a comprender perfectamente las diversas ecuaciones que se utilizan en el estudio del movimiento [2].

El problema se presenta cuando se desea estudiar con este aparato la caída libre, aunque las gráficas se ajustan a lo ideal, los valores dan errores muy elevados, siendo sin lugar a dudas la principal razón por la cual el ticómetro actualmente no es utilizado en los experimentos de caída libre.

Cabe destacar la disminución de prácticas en el campo de la física a nivel generalizado y se evidencia más al hacer un análisis del desarrollo de las prácticas en función del tiempo [3], [4].

1.1. Experimentos asociados al ticómetro.

Con el ticómetro generalmente se realizan prácticas de movimiento uniforme o en un plano inclinado para apreciar la aceleración [4].

En el estudio del movimiento uniforme los puntos que el ticómetro registra sobre la cinta de papel se presentan a igual distancia uno de otro. El estudiante llega a concluir por la observación de los puntos en la cinta que un movimiento es uniforme cuando a intervalos iguales de tiempo se realizan iguales desplazamientos.

En el plano inclinado el estudiante obtiene un registro en el cual aprecia una serie de puntos que aumenta la distancia entre ellos a lo largo de la cinta de papel.

1.2. Funcionamiento timbre registrador

El ticómetro es básicamente una bobina que funciona como un electroimán que obliga una lámina a vibrar acorde a la polarización del electro imán el cual es de 60 Hz en el caso de Colombia o 50 Hz en España debido a la forma de producción energética.

La vibración de la lámina es aprovechada para que marque una serie de puntos sobre una cinta de papel que está adherida a un elemento móvil, logrando registrar de esta forma el tiempo que es proporcional a la vibración de la lámina provocada por el electroimán y la distancia medida entre punto y punto, que depende de la velocidad del móvil.

Se puede decir entonces que en la cinta queda registrado el tiempo constante entre puntos, y la distancia la cual variar entre punto y punto de acuerdo al movimiento que se esté realizando.

En las bibliografías observadas [1], [2], [3], se presenta la frecuencia del ticómetro como la frecuencia de la energía de alimentación a 50 o 60 Hertz, excepto en la bibliografía [5] en la cual presenta una frecuencia de 40 y 10 Hz.

Para los procedimientos reportados en las fuentes Bibliográficas [5], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17] se recomienda utilizar como valor de frecuencia del ticómetro de 120 Hz.

Debido a las diferencias entre las recomendaciones del fabricante y algunas referencias, en este artículo se pretende demostrar cuál es la frecuencia a utilizar que conlleve a un error menor.

2. Metodología

La realización del experimento en caída libre utilizando un ticómetro, consiste en adherir a la cinta de papel un objeto y accionar el ticómetro en el instante en que se deja caer el objeto. Este procedimiento permite un re-

gistro de puntos espaciados proporcionalmente a la aceleración debida a la gravedad.

El procedimiento[5], consiste en:

a. Insertar en la guía que tiene el ticómetro la cinta de papel.
b. Colocar una rueda de papel carbón encima de la cinta.
c. Adherir con cinta adhesiva una punta de la cinta de papel a un móvil.
d. Al momento de dejar caer libremente el móvil, accionar el ticómetro durante el tiempo que demora el movimiento.
e. Retirar la cinta de papel y marcar el primer punto registrado en ella como punto de origen.
f. Dividir la cinta en intervalos de tiempo de dos puntos.
g. Medir la distancia que existe entre el origen y cada intervalo y consígnarlo en una tabla de datos.

Se realizaron cinco repeticiones del experimento de caída libre con frecuencia 60 Hz y 120 Hz para determinar cuál es el uso de la frecuencia a utilizar para el estudio del movimiento con ticómetro y posteriormente se analizaron los resultados.

3. Resultados

3.1. Frecuencia 60 Hz

Se obtuvieron los resultados de tiempo y desplazamiento, para lo puntos 2, 4, 6 hasta el punto 20. Si la frecuencia recomendada es de 60Hz [7], [8], los tiempos son 2/60 segundos (0,033 segundos), 4/60 (0,67 segundos) y así sucesivamente hasta el 20/60 (0,33 segundos) los cuales se presentan en la tabla 1.

Por efectos de medición los valores se tomaron positivamente razón por la cual el valor de aceleración que se obtiene es positivo y de magnitud similar a la gravedad.

TABLA 1: RESULTADO INICIAL DE TICÓMETRO

tiempo [s]	Ticómetro - Desplazamiento [cm]				
	1	2	3	4	5
0,033	1,1	0,7	0,4	0,5	0,4
0,067	1,4	1,4	1,0	1,4	1,1
0,100	2,6	2,7	3,0	2,5	2,1
0,133	3,9	4,2	4,4	3,8	3,3
0,167	5,6	5,9	6,1	5,6	4,8
0,200	7,7	7,9	8,1	7,4	6,7
0,233	9,9	10,1	10,3	9,5	8,8
0,267	12,3	12,1	12,2	11,8	11,3
0,300	15,0	15,3	15,6	14,4	13,7
0,333	18,0	18,1	18,2	17,3	16,8

Con los datos medidos a partir de las cintas obtenidas en los ticómetros, y consignados en la tabla 1 se construye la gráfica de desplazamiento (eje Y) vs tiempo (eje X) como se muestra en la figura 1.

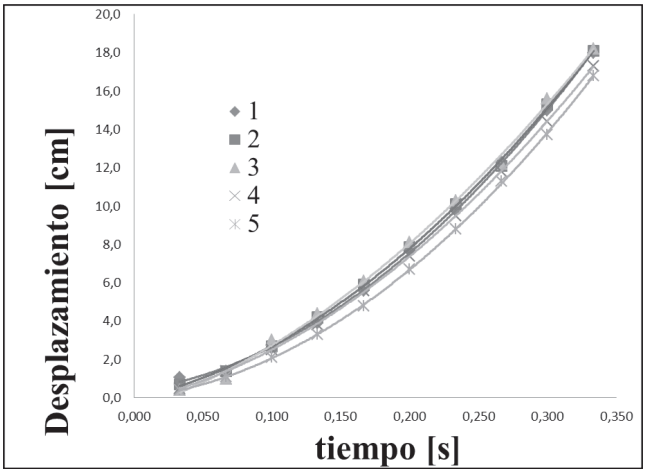

FIGURA 1. DESPLAZAMIENTO VS TIEMPO PARA CADA TICÓMETRO.

Posteriormente se analizaron los resultados mediante una gráfica de dispersión, anexando una línea de tendencia polinómica de orden 2 la cual es acorde a la ecuación teórica reportada en en Serway [6]. Para cada timbre se obtuvieron las respectivas ecuaciones del gráfico y los coeficientes de correlación, siendo las ecuaciones 1 a la 5. El coeficiente de correlación permite determinar que el grado de correlación entre las variable es muy alto.

Timbre 1:

$Y = 126{,}48x^2 + 8{,}2068x - 0{,}015;\ R^2 = 0{,}9999$ (1)

Timbre 2:

$Y = 109{,}77x^2 + 15{,}677x - 0{,}15,\ R^2 = 0{,}9999$ (2)

Timbre 3:

$Y = 97{,}841x^2 + 23{,}78x - 0{,}615;\ R^2 = 0{,}9983$ (3)

Timbre 4:

$Y = 114{,}2x^2 + 16{,}407x - 0{,}0583,\ R^2 = 0{,}9994$ (4)

Timbre 5:

$Y = 128{,}8x^2 + 10{,}255x + 0{,}3523,\ R^2 = 0{,}9995$ (5)

Al hacer referencia de las ecuaciones obtenidas con la teoría se puede ver como las ecuaciones concuerdan con la ecuación de desplazamiento reportada en Serway [6]

$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2 \quad (6)$$

Cuando determinamos el porcentaje de error obtenido en los resultados comparado con el término "½ a" y usando "a" con magnitud de 980 cm/s^2 usando la ecuación 7,

$$\%\ de\ Error = \frac{Valor\ experimental - Valor\ Teorico}{Valor\ Teorico} \times 100 \quad (7)$$

Se tiene:

TABLA 2: PORCENTAJES DE ERROR EXPERIMENTALES.

Código de inventario	Ticómetro	% Error
06236	1	74,19 %
06235	2	77,53 %
06233	3	79,97 %
06232	4	76,62 %
06231	5	73,63 %

Los resultados obtenidos son acordes a lo expresado por los proveedores de equipos dónde indican que este equipo presenta un error muy alto, razón por la cual no es el apropiado para esta práctica.

Al analizar el timbre se puede apreciar que efectivamente el timbre es alimentado por una fuente AC y la frecuencia de esta fuente de alimentación es de 60 Hz, pero al analizar el percutor se puede ver que éste reacciona igual independientemente del sentido de polarización. Como se muestra en la ilustración 1.

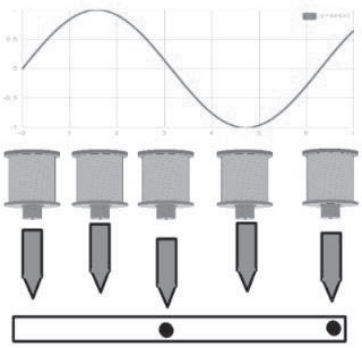

ILUSTRACIÓN 1. FUNCIONAMIENTO DEL TICÓMETRO

Aplicando los conocimientos básicos de electromagnetismo, se llega a la conclusión de que el error es la frecuencia que se está tomando, si bien la bobina del electroimán en el ticómetro reacciona con una frecuencia de 60 Hz, el percutor asociado al ticómetro está generando dos puntos por cada frecuencia de la bobina del electroimán lo que indica una frecuencia de 120 Hz.

Se propone entonces repetir los datos de las gráficas con los ticómetros utilizados, considerando el periodo de esta frecuencia como tiempo entre punto y punto.

3.2. Frecuencia 120 Hz

Como se explica en párrafos anteriores, la frecuencia a utilizar en los ticómetros es el doble de la frecuencia de alimentación de la fuente AC la cual es de 60 Hz. Se procede entonces a utilizar una frecuencia de marcación del ticómetro de 120 Hz. Los datos correspondientes al tiempo de marcación se registran en la tabla 3.

TABLA 3. DATOS CON FRECUENCIA DE TICÓMETRO DE 120 HZ

tiempo [s]	Timbre - Desplazamiento [cm]				
	1	2	3	4	5
0,017	1,1	0,7	0,4	0,5	0,4
0,033	1,4	1,4	1,0	1,4	1,1
0,050	2,6	2,7	3,0	2,5	2,1
0,067	3,9	4,2	4,4	3,8	3,3
0,083	5,6	5,9	6,1	5,6	4,8
0,100	7,7	7,9	8,1	7,4	6,7
0,117	9,9	10,1	10,3	9,5	8,8
0,133	12,3	12,1	12,2	11,8	11,3
0,150	15,0	15,3	15,6	14,4	13,7
0,167	18,0	18,1	18,2	17,3	16,8

Con los resultados anteriores se construye la gráfica de desplazamiento (eje Y) vs tiempo (eje X) como se muestra en la figura 2.

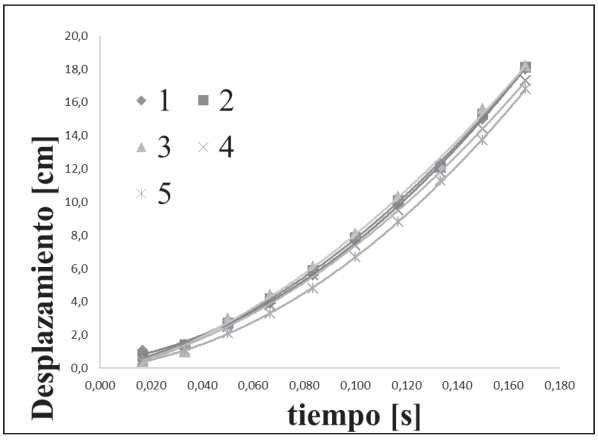

FIGURA 2. GRÁFICA DE DESPLAZAMIENTO VS TIEMPO CALCULADO A 120 HZ.

Posteriormente se grafican los resultados y se obtienen las respectivas ecuaciones del gráfico y los coeficientes de correlación, para hallar los valores

experimentales de "½ a" los cuales corresponden al número que acompaña la x^2 y se realiza el mismo análisis de porcentaje de error (ecuación 8 a 11).

Timbre 1:

$$Y = 505{,}91x^2 + 16{,}414x - 0{,}015 : R^2 = 0{,}9999 \quad (8)$$

Timbre 2:

$$Y = 439{,}09x^2 + 31{,}355x - 0{,}15 : R^2 = 0{,}9999 \quad (8)$$

Timbre 3:

$$Y = 391{,}36x^2 + 47{,}559x - 0{,}615 : R^2 = 0{,}9983 \quad (9)$$

Timbre 4:

$$Y = 456{,}82x^2 + 32{,}814x - 0{,}0583 : R^2 = 0{,}9994 \quad (10)$$

Timbre 5:

$$Y = 515{,}18x^2 + 20{,}51x + 0{,}3523 : R^2 = 0{,}9995 \quad (11)$$

Se puede observar en la tabla 4, que el % de error estimado ha disminuido considerablemente, lo cual indica la idoneidad del uso de frecuencia de 120 Hz.

TABLA 4. RESULTADOS Y PORCENTAJE DE ERROR EN LOS TICÓMETROS CON FRECUENCIA 120 HZ.

Código de inventario	Ticómetro	% Error
06236	1	3,25%
06235	2	10,39%
06233	3	20,13%
06232	4	6,77%
06231	5	5,14%

4. Discusión

La hipótesis tomada desde el análisis electromagnético del funcionamiento del ticómetro mejora considerablemente el porcentaje de error.

Los datos obtenidos de las casas fabricantes [7][8][9][10] son similares y precisos en cuanto a la frecuencia de funcionamiento del Ticómetro con respecto a la alimentación pero no indican la frecuencia de salida de la marcación de puntos del Ticómetro, por lo cual es un error tomar la frecuencia de alimentación como frecuencia de salida del ticómetro.

Con el valor de frecuencia de 120 Hz, en experimentos de caída libre, los estudiantes verifican el valor de la gravedad, mejoran en lo relacionado a la toma de datos y la interpretación de gráficas y se evidencia una mejora en la comprensión de la teoría física.

La distancia entre los puntos de la cinta registrada por el ticómetro permite comprender la magnitud del concepto de movimiento y diferenciar entre cambio de velocidad.

Sería necesario realizar un nuevo estudio para cuantificar las causas de error debidas a la fricción del percutor con el papel, la fricción del papel en el paso por el timbre, la estabilidad de la frecuencia de alimentación de la corriente eléctrica domiciliaria.

5. Agradecimientos

Estudiantes del curso de física de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

6. Referencias

[1] Rocard, Michel (Chair), Csermely Peter, Jorde Doris, Lenzen Dieter, Walberg-Henriksson Harriet, Hemmo Valerie (Rapporteur), "Education Science Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe", *European comissión*, Publisher, http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf, 2007, pp. 29 [texto digital] recuperado de [http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf] [Consultado 15/06/ 2015].

[2] Rodríguez-Llerena, D., Llovera-González, J. Estudio Comparativo De Las Potencialidades Didácticas De Las Simulaciones Virtuales Y De Los Experimentos Reales En La Enseñanza De La Física General Para Estudiantes Universitarios De Ciencias Técnicas. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 4, No. 1, pag 181-187, 2010

[3] The physical classroom. Web site http://www.physicsclassroom.com/class/1DKin/Lesson-2/Ticker-Tape-Diagrams [Consultado 30/03/2015]

[4] Rodríguez Saucedo, Luís Alfredo. Práctica de Laboratorio N° 2 DESCRIPCIÓN DE UN MOVIMIENTO. Facultad de Ingenierías Departamento Ciencias Naturales y Matemáticas Área de Física / Cinemática y Dinámica. Documento en línea tomado de http://drupal.puj.edu.co/files/OI190_Luis%20Alfredo%20Rodriguez.pdf. [Consultado 05/06/2015]

[5] Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model ME-9283 Copyright © January 1993, Documento en línea tomado de http://www.pasco.com/file_downloads/product_manuals/Tape-Timer-Manual-ME-9283.pdf Página 1 a 7 [Consultado 05/06/2015]

[6] R, A, Serway & J. W. Jewett Jr., "Física para ciencias e ingeniería", Cengage Learning Editores S.A. de C.V. México vol. 1, séptima edición, pp. 34. 2008.

[7] LEYBOLD ® "movimiento unidimensional sobre carril para estudiantes", Catalogo general de experimentos de física, 2011 Documento en línea tomado de http://www.ld-didactic.de/en/catalogues/physics/physics-experiments-spanish.html [Consultado 05/06/2015]

[8] PHYWE physics, "GENERADOR DE MARCAS DE TIEMPOS" Documento en línea tomado de http://www.phywe-es.com/1005/pid/1470/GENERADOR-DE-MARCAS-DE-TIEMPOS.htm [Consultado 05/06/2015]

[9] EISCO, Ticker Tape Timer Product Description. Documento en línea tomado de http://www.eiscolabs.com/Store/Product/PH0353A [Consultado 05/06/2015]

[10] FISHER SCIENTIFICS W. D. Doyle, "Magnetization reversal in films with biaxial anisotropy," in 1987 Proc. INTERMAG Conf., pp. 2.2-1–2.2-6.

[11] http://nagyphysics.weebly.com/ "Physics 11 Period and Frequency of a Ticker Timer. Documento en línea tomado de http://nagyphysics.weebly.com/uploads/1/2/6/8/12687836/ticker_timer_lab_2012.pdf [Consultado 20/06/2015]

[12] Scientrific Pty Ltd "INSTRUCTION SHEET, RECORDING TIMER – DC. 50 dots/sec Documento en línea tomado de https://www.scientrific.com.au/PDFs/lb2671-001.pdf [Consultado 05/06/2015]

[13] © 2012 HAINES EDUCATIONAL. Recording ticker timer electronic timer - 50 Hz DC, 12V input. Documento en línea tomado de http://www.haines.com.au/index.php/physics/forces-motion-energy/recording-timer-electronic-timer-50-hz-dc-12v-input.html [Consultado 05/06/2015]

[14] Uniformly Accelerated Motion . The Freely Falling Object. Documento en línea tomado de http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/class/phscilab/freefall.html [Consultado 05/06/2015]

[15] Vera Miguel Angel. "Manual Para el Laboratorio de Fisica I", Pag 22, 1993 Documento en línea tomado de http://www.tach.ula.ve/vermig/cd/Miguel/FISICA10.htm [Consultado 05/06/2015]

[16] Colegio Colombo Gales. "Física Interactiva, movimiento rectlíneo uniforme". Documento en línea tomado de http://phpwebquest.org/wq26/webquest/soporte_tabbed_w.php?id_actividad=5792&id_pagina=1 [Consultado 05/06/2015]

[17] Propesquisa. "ME5.2 El movimiento rectilíneo Uniforme" Guía del alumno, Documento en línea tomado de http://proserquisa.com/portal/guias/fisica/mecanica/cinematica/ME-5.2/F-ME-5.2_E.pdf [Consultado 05/06/2015]