

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

COMPROBACIÓN EXPERIMENTAL DE LA SIMETRÍA EN LA TENSION DE UN SISTEMA MECÁNICO UTILIZANDO TRACKER

**EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE SYMMETRY IN THE
TENSION OF A MECHANICAL SYSTEM USING TRACKER**

Germán Melo Mondragón

Distrito especial de ciencia, tecnología e innovación de Medellín

José Gregorio Doria Andrade

Institución Universitaria Pascual Bravo

Susana Melo Londoño

Universidad de Antioquia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16892

Comprobación experimental de la simetría en la tensión de un sistema mecánico utilizando Tracker

Germán Melo Mondragón¹gmelo@elpoli.edu.co<https://orcid.org/0000-0003-3296-1191>

Distrito especial de ciencia, tecnología e
innovación de Medellín
Colombia

José Gregorio Doria Andradej.doriaan@pascualbravo.edu.co<https://orcid.org/0000-0002-8014-5589>

Institución Universitaria Pascual Bravo
Colombia

Susana Melo Londoñosusana.melo@udea.edu.co<https://orcid.org/0009-0009-7953-4024>

Universidad de Antioquia
Colombia

RESUMEN

En este artículo se estudia la tensión que depende del ángulo en un sistema mecánico de dos masas unidas por una cuerda que pasan por poleas de fricción despreciable completando de esta manera un estudio previo (Andrade et al., 2024). Una masa es liberada desde el reposo y cuando desciende a un determinado ángulo alcanza la tensión suficiente para levantar la otra masa que está unida a la cuerda en el otro extremo y está en reposo sobre el suelo. El movimiento de una de las masas es oscilatorio mientras la otra masa primero asciende y luego desciende, en este tramo de ida y vuelta es importante analizar las variables que intervienen en el problema porque algunas de ellas se pueden medir directamente y otras son de medición indirecta. Se realizó el montaje experimental y se grabó el video del movimiento que se analizó a través del programa informático Tracker (Douglas et al., 2007) encontrando una evidencia de la simetría de la tensión en la cuerda a través de la velocidad adquirida por la masa oscilante. Los porcentajes de error calculados para la tensión son aceptables y permiten realizar una importante conclusión en este sistema.

Palabras clave: tensión, velocidad, tracker, simetría

¹ Autor principal

Correspondencia: gmelo@elpoli.edu.co

Experimental verification of the symmetry in the tension of a mechanical system using Tracker

ABSTRACT

This article explores the angle-dependent tension in a mechanical system consisting of two masses connected by a string and passing over pulleys with negligible friction, thus complementing a previous study (Andrade et al., 2024). One mass is released from rest, and as it descends to a specific angle, it develops sufficient tension to lift the other mass, which is connected to the string at the opposite end and initially at rest on the ground. The motion of one mass is oscillatory, while the other mass initially ascends and then descends, throughout this bidirectional motion, it is crucial to analyze the involved variables, as some can be measured directly, and others indirectly. The experimental setup was implemented, and a video of the motion was recorded and analyzed using Tracker software (Douglas et al., 2007) evidence of the symmetry of the tension in the string was found through the velocity acquired by the oscillating mass. The calculated error percentages for the tension are acceptable and support a significant conclusion about this system.

Keywords: strain, speed, tracker, symmetry

*Artículo recibido 13 enero 2025
Aceptado para publicación: 19 febrero 2025*



INTRODUCCIÓN

En este artículo se continúa el estudio del sistema mecánico realizado en (Andrade et al., 2024) analizando la tensión de la cuerda la cual depende del ángulo (Londoño, 2003).

El problema consiste encontrar una forma experimental de comprobar directamente que la tensión cambia con el ángulo y utilizando el programa informático Tracker se demuestra esta relación y además se establece una condición de simetría para ángulos suplementarios.

La importancia de este estudio es que utilizando Tracker se pueden analizar las variables que a simple vista no es posible medir ni evidenciar la relación entre ellas, además permite estudiar si existe una simetría en el movimiento.

En el estudio previo (Andrade et al., 2024) se solucionó analíticamente el problema aquí planteado a través de tres métodos y verificando experimentalmente el resultado teórico que era hallar el ángulo para el cual la masa oscilante levanta la masa en reposo sobre el suelo, además en (Benitez et al., 2019) se hace un estudio de simetría en la tensión para un sistema de dos masas unidas por una cuerda que pasan por una polea sin fricción y en el artículo de (Suárez et al., 2021) se hace un análisis de un sistema de dos masas a través del programa Mathematica y Tracker.

El nuevo aporte teórico de este trabajo consiste en que en este sistema también existe simetría para la tensión de la cuerda la cual se evidenció al medir experimentalmente la velocidad de la masa oscilante y ofrece una alternativa para analizar otros casos de sistemas mecánicos.

METODOLOGÍA

Para este estudio se implementa una metodología experimental cuantitativa (Pérez et al., 2020), primero se realizó el montaje de la figura 1. La masa en reposo sobre el suelo es M y la masa que desciende es m .

Figura 1. Fotografía del montaje experimental del sistema.



Después de grabar el video del movimiento y analizarlo utilizando Tracker se logra medir las variables de interés que son la velocidad y el ángulo, la limitación del estudio es medir la tensión en la cuerda directamente con el programa. Para superar esta situación se realiza un análisis para la velocidad de la masa que desciende, por que existe una relación directa entre la tensión, el ángulo y la velocidad y estas dos últimas si pueden ser medidas con el programa (Asrizal et al., 2022)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realiza un estudio de la velocidad para relacionarla con la tensión en la cuerda, de (Andrade et al., 2024) se tiene en la ecuación para la velocidad en función del ángulo con la consideración $\theta_1 = 0$:

$$v = \sqrt{2gR \sen \theta} \quad (1)$$

Si se toma el límite se obtiene (Larson et al., 1995, Edwards et al., 1996):

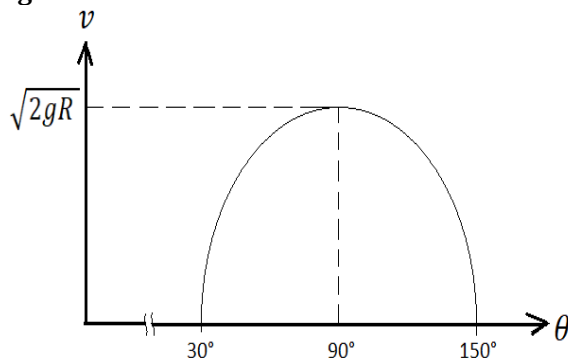
$$\lim_{\theta \rightarrow 0} v = \lim_{\theta \rightarrow 0} \sqrt{2gR \sen \theta} = 0$$

y

$$\lim_{\theta \rightarrow \pi/2} v = \lim_{\theta \rightarrow \pi/2} \sqrt{2gR \sen \theta} = \sqrt{2gR}$$

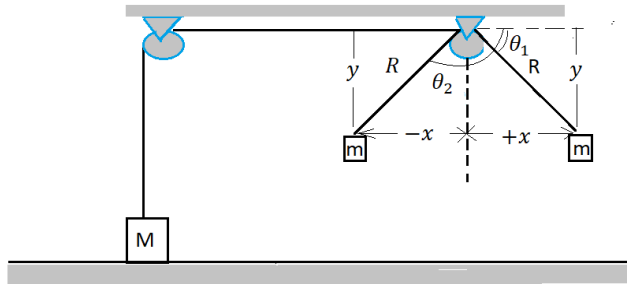
El gráfico de la velocidad v en función del ángulo se muestra en la figura 2 donde su valor máximo es alcanzado al llegar al punto más bajo de la trayectoria de la masa m para un ángulo $\pi/2$.

Figura 2. Gráfico de la velocidad v en función del ángulo θ analizada para la masa m



Para estudiar la simetría se estudia la velocidad a partir del siguiente esquema ilustrado en la figura 3.

Figura 3. Diagrama esquemático del montaje experimental.



De la figura 3 se tiene la relación:

$$R^2 = x^2 + y^2$$

Este R que desciende la masa m es igual a la distancia M cuando asciende y si existe otro punto de la trayectoria donde se obtenga la misma velocidad para un ángulo diferente se debe cumplir:

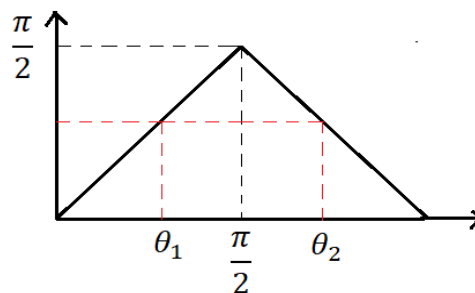
$$v^2 = 2gR \sen \theta_1 = 2gR \sen \theta_2$$

Como la distancia $R = \sqrt{x^2 + y^2}$ y para θ_1 se tiene $+x$ y para θ_2 se tiene $-x$, al sustituir estos valores no alteran el valor de R con lo cual se concluye que:

$$\sen \theta_1 = \sen \theta_2$$

La solución de esta igualdad son rectas (Stewart et al. 2012) y exige que los ángulos sean suplementarios tal como se ilustra en la figura 4 (Hohenwarter, 2001).

Figura 4. La gráfica solución de la ecuación $\sen \theta_1 = \sen \theta_2$ son rectas.

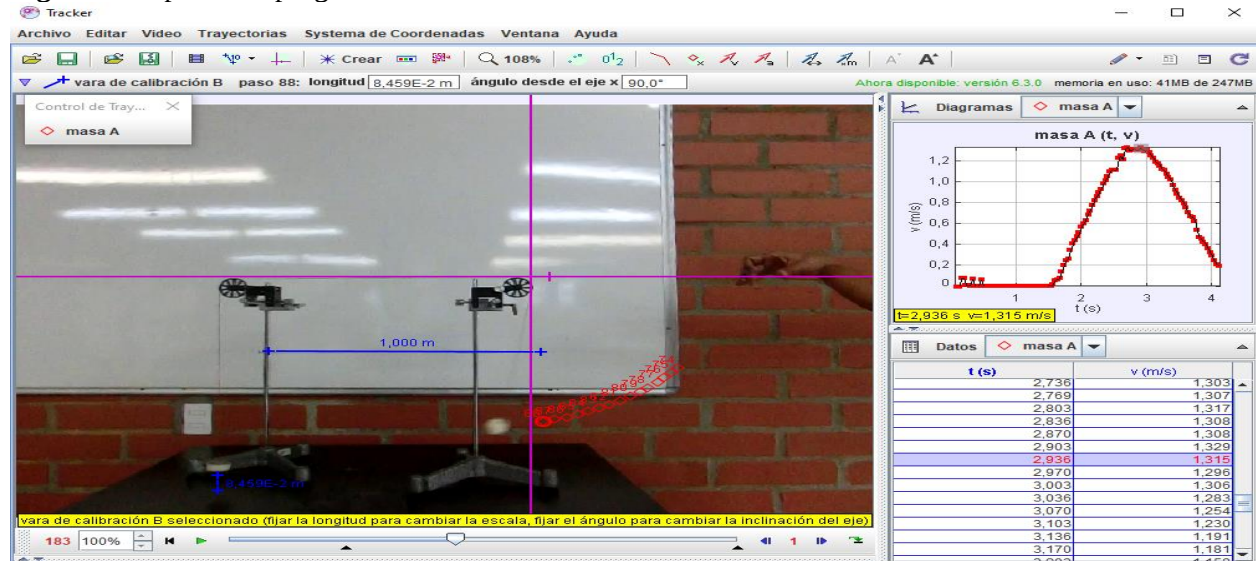


La relación entre la tensión T de la cuerda y la velocidad v esta dada por (Vásquez, 2010):

$$T - mg \sen \theta = \frac{mv^2}{R} \quad (2)$$

Encontrar una simetría en la velocidad implica una simetría en la tensión, la figura 5 muestra una captura del programa Tracker y el gráfico obtenido de velocidad en función del tiempo para la masa oscilante m .

Figura 5. Captura del programa Tracker donde se observa la simetría de la velocidad v .



Para levantar la masa M la tensión en la cuerda debe ser mayor al peso que es de 1.47 N de acuerdo a la relación del problema $M = \frac{3}{2}m$ (Pérez, 1996), porque experimentalmente se realizó con $m = 0.1\text{Kg}$. Como se explica en (Andrade et al., 2024) el ángulo mínimo que cumple esta condición se encuentra en 30° y se encontró en este artículo para la tensión que:

$$T = 3mg \sin \theta \quad (3)$$

Al observar el movimiento del sistema de masas y liberarse desde el reposo la masa m ejecuta una trayectoria pendular desde la horizontal, al descender y alcanzar un ángulo de 30° adquiere la tensión suficiente para levantar la masa M , la masa m al llegar a un ángulo de 90° alcanza la velocidad máxima y este valor es comprobado numéricamente con el programa Tracker. Luego continúa la oscilación hasta llegar a los 150° donde se detiene para regresar. La masa M asciende verticalmente desde los 30° hasta los 150° alcanzados por m por que la tensión es variable, aumentando en el rango de 30° a 90° y disminuyendo de 90° a 150° y en este ángulo la masa M se detiene para devolverse hacia abajo por que en ese punto la tensión se iguala con el peso. En esta trayectoria desde los 30° hasta los 150° se evidencia la simetría en la velocidad y por lo tanto en la tensión de la cuerda.

Para comprobar los valores de la tensión puede realizarse un análisis dinámico (Sears et al., 2004, Serway et al. 2008) para la masa M , con lo cual:

$$T - 1.47 \text{ N} = Ma \quad (4)$$

Como la tensión (García, 2016) es variable esto nos lleva a validar la expresión de manera puntual.

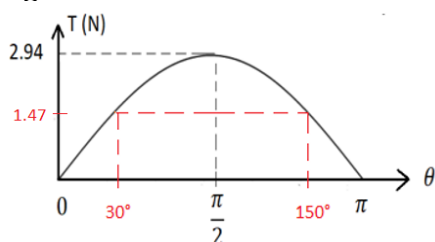
Mediciones realizadas para un ángulo de 45° y su simétrico 135° , nos da para una tensión de 2.08 N que la aceleración teórica es de 4.09 m/s^2 , mientras la experimental medida en Tracker es de 3.55 m/s^2 . Esta diferencia es despreciable porque en el caso el real existe fricción entre la cuerda y las poleas (De Oliveira & Lemos, 2018).

La tabla N 1. Muestra los datos obtenidos experimental y teóricamente con las ecuaciones arriba descritas con sus respectivos porcentajes de error (Mahecha, 2009).

θ	$R \text{ (m)}$	$v \text{ teo (m/s) (1)}$	$v \text{ exp (m/s)}$	$\% v$	$T \text{ exp (N) (2)}$	$T \text{ teo (N) (3)}$	$\% T$
45°	0.08	1.108	1.11	0.18	2.23	2.08	5.8
90°	0.1	1.4	1.26	10	2.56	2.94	12.9

De los calculos obtenidos se puede inferir que un gráfico de tensión en función del ángulo en este caso esta ilustrado en la figura 6, la simetría de la tensión se presenta alrededor de los 90° para la masa m .

Figura 6. Gráfica de la tensión en función del ángulo donde se evidencia la simetría alrededor de 90° .



CONCLUSIONES

En este estudio de masas unidas por una cuerda, la medición de la tensión no es de medición directa, por lo tanto implica encontrar una relación matemática que permita concluir su comportamiento a través de otras variables como la velocidad de las masas en este caso (Beer, 2010). En otras investigaciones (Suarez et al., 2021) se ha demostrado que existe simetría (Mungan, 2021) en la tensión cuando dos masas están unidas por una cuerda y concuerda con el resultado obtenido en esta investigación.

Se concluye en este artículo que existe simetría tanto para la velocidad como para la tensión de la cuerda comprobada experimentalmente midiendo la velocidad directamente en el programa informático Tracker, la simetría de estas variables se encuentra alrededor de los 90° para la masa m . Además hay un valor máximo para la velocidad alcanzada en el punto más bajo de la trayectoria, lo

que implica en ese punto se obtiene el máximo valor para la tensión.

Los resultados son satisfactorios por los porcentajes de error obtenidos y demuestra que el programa Tracker es una herramienta útil en el estudio de sistemas mecánicos porque la medición directa de algunas variables permiten validar la teoría del caso citado. Este programa informático de libre descarga permite un rastreo paso a paso de la trayectoria y por lo tanto del análisis cualitativo y cuantitativo de las variables implicadas.

Se espera que este artículo sea referente para estudiar otras situaciones donde pueden existir simetrías en algunas variables de bloques conectados por una cuerda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asrizal., Patriwi, Trisna.,Yohandri. (2022). Tool modeling system of Atwood machine with remote control of released objects for tracker video analysis. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Beer, Ferninand P., Johnston Jr, E. Rusell., Cornwell, Phillip J. (2010). *Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica*. McGraw-Hill.
- Benitez, David., Suárez, Hernán Javier., Muñoz, José Herman. (2019). Symmetry in the system conformed by two blocks connected by a string with variable tension. *Revista cubana de física*.
- De Oliveira, Thiago R., Lemos, Nivaldo A. (2018). Force and torque of a string on a pulley. *Am. J. Phys.* 86 (4).
- Doria Andrade, Jose Gregorio., Melo Mondragón, Germán., Melo Londoño, Susana. (2024). Experimental solution of a mechanical system with Tracker. *South Florida Journal of Development, Miami*, V. 5, n. 12.
- Douglas, Brown. Wolfgang, Christian. Robert, M Hanson. (2007). Tracker vídeo analysis and modeling tool (versión 3) [Software]. Recovered from <https://physlets.org/tracker/>
- Edwards, C. Henry., Penney, David E. (1996). *Cálculo con Geometría Analítica*. Prentice Hall.
- García, Ángel F. (2016). El mejor ángulo para arrastrar un bloque. Recuperado el 11 marzo 2025 de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/dinamica/arrastra/arrastra.html>
- Hohenwarter, Markus. (2001). Geogebra. (versión 5.0) [software]. Recuperado el 12 de marzo 2025 de <https://www.geogebra.org/graphing?lang=es>



- Larson, Ron., E. Hostetler, Robert P., Edwards, Bruce H. (1995). Cálculo. McGraw-Hill.
- Londoño, Mario F. (2003). Introducción a la mecánica. Universidad nacional de Colombia.
- Mahecha, Jorge G. (2009). Manual de laboratorio. Universidad de Antioquia.
- Mungan, Carl. (2021). Comment on Two blocks connected by a string with variable tension: a dynamic case. Physics Education.
- Pérez, Gabriel L. (1996). Teoría y problemas de física. Editorial Universidad de Antioquia.
- Pérez, Rubén., Seca, Maía Victoria., Pérez, Luaciano. (2020). Metodología de la investigación científica. Editorial Maipue.
- Sears, Francis W., Zemansky, Mark W., Freedman, Roger A., Young, Hugh A. (2004). Física Universitaria. 11 edición. Pearson.
- Serway, Raymond. A., Jewett, John W. (2008). Física para ciencias e ingenierías. Cengage Learning.
- Stewart, James., Redlin, Lothar., Watson, Saleem. (2012). Precálculo. Cengage Learning.
- Suárez, Hernán Javier., Machado-Higuera, Maximiliano., Muñoz, José Herman. (2021). Two blocks connected by a string with variable tension: a dynamic case. Physics Education.
- Vásquez, Optaciano G. (2010). Física general I para estudiantes de ciencia e ingeniería. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

