



VALIDACIÓN DE UN MODELO CINEMÁTICO DE DOS VEHÍCULOS MEDIANTE SIMULACIÓN CON INTERACTIVE PHYSICS

Autor(es): Concepcion, Rubén ruben-d.concepcion-j@up.ac.pa

Docente encargado: Correa, Noriel

Afiliación Institucional: Universidad de Panamá, FACINET, Escuela de física

Resumen

Este estudio implementó y validó experimentalmente una metodología de simulación computacional para analizar el comportamiento cinemático de dos vehículos. Utilizando el software Interactive Physics, se modeló un sistema donde un vehículo aceleraba y otro mantenía una velocidad constante. La metodología empleada incluyó la configuración de condiciones ideales con fricción nula y la medición de variables clave como posición y velocidad. Los resultados gráficos y numéricos demostraron una alta concordancia con los principios teóricos del movimiento rectilíneo, validando la fiabilidad del software como herramienta de análisis. La simulación confirmó que el vehículo acelerado alcanza y sobrepasa al de velocidad constante. En conclusión, la metodología híbrida (modelado virtual y análisis cuantitativo) se presenta como un enfoque efectivo para la enseñanza de la cinemática.

Palabras claves: Simulación Computacional, Cinemática, Interactive Physics.

Abstract

This study implemented and experimentally validated a computational simulation methodology to analyze the kinematic behavior of two vehicles. Using the Interactive Physics software, a system was modeled where one vehicle accelerated while another maintained a constant velocity. The methodology included configuring ideal conditions with zero friction and measuring key variables such as position and velocity. The graphical and numerical results demonstrated a high concordance with the theoretical principles of rectilinear motion, validating the reliability of the software as an analysis tool. In conclusion, the hybrid methodology (virtual modeling and quantitative analysis) is presented as an effective approach for teaching kinematics.

Keywords: Computational Simulation, Kinematics, Interactive Physics.

Introducción

La enseñanza de la cinemática en el ámbito de la educación superior demanda la adopción de metodologías innovadoras que integren eficazmente los fundamentos teóricos con la experimentación práctica. Investigaciones

recientes han evidenciado los significativos beneficios pedagógicos del uso de simulaciones computacionales en la enseñanza de la física, las cuales facilitan la comprensión de conceptos abstractos, estimulan el aprendizaje activo y capturan el interés del estudiantado. En este

marco, el análisis de sistemas físicos mediante herramientas de simulación ha emergido como una metodología de vanguardia que permite validar modelos matemáticos en entornos controlados.

Específicamente, el software Interactive Physics ha sido validado científicamente como una herramienta de gran efectividad para la enseñanza de la mecánica clásica. El estado del arte, consolidado a través de revisiones sistemáticas como las realizadas bajo el protocolo PRISMA sobre bases de datos académicas como ERIC, Scopus y Dialnet, confirma que las simulaciones computacionales superan a los métodos tradicionales, favoreciendo una participación estudiantil más dinámica y fortaleciendo competencias clave. Estudios como el de (U., H., & C., 2020) han demostrado empíricamente que la aplicación de Interactive Physics en el aprendizaje de la dinámica de partículas resulta en mejoras significativas en el rendimiento académico, validando su rol como un recurso educativo superior.

El fundamento conceptual de este análisis reside en el movimiento rectilíneo uniforme (MRU), caracterizado por una velocidad constante en una trayectoria rectilínea. Las ecuaciones que gobiernan este fenómeno, validadas en múltiples estudios, son la base para el cálculo analítico. La posición de cada vehículo se define por la ecuación horaria $x_i(t) = x_{0i} + v_i \cdot t$, (E1) donde $x_i(t)$ es la posición en función del tiempo, x_{0i} es

la posición inicial, y v_i es la velocidad constante. El análisis se complementa con el cálculo de la velocidad relativa, $x_{rel} = x_B - x_A$ (E2). Para la validación experimental, se emplea el software Interactive Physics, el cual utiliza algoritmos numéricos de alta precisión, como los integradores de Runge-Kutta de cuarto orden, para resolver las ecuaciones diferenciales del movimiento, garantizando así la estabilidad y fiabilidad de los resultados computacionales.

La metodología de implementación sigue un protocolo validado estructurado en fases precisas. Primero, se configura un sistema virtual ideal, estableciendo condiciones ambientales de gravedad nula ($g = 0 \text{ m/s}^2$) y ausencia de fricción ($\mu = 0$) para un movimiento horizontal puro. Segundo, los vehículos son modelados como cuerpos rígidos con masa y dimensiones estandarizadas. Tercero, se implementa una instrumentación virtual con medidores de posición y velocidad de alta precisión y resolución temporal. Este riguroso protocolo asegura que el entorno de simulación refleje fielmente las condiciones del modelo teórico. El objetivo general de la investigación es, por tanto, implementar y validar experimentalmente esta metodología de simulación para analizar integralmente el comportamiento cinemático de los dos vehículos, evaluando la concordancia cuantitativa entre los resultados teóricos y los computacionales. Los objetivos específicos incluyen el desarrollo del modelo, el cálculo analítico de los parámetros, la ejecución de las

simulaciones, la generación de análisis gráficos automatizados de las funciones $x(t)$ y $v(t)$, y la validación cuantitativa del modelo con un criterio de precisión superior al 99.9%.

Basándose en la sólida evidencia empírica proporcionada por estudios científicos previos, se establece la hipótesis principal de que la implementación del software Interactive Physics permitirá obtener resultados computacionales con una precisión superior al 99.9% respecto a los cálculos analíticos, cumpliendo con los estándares de validación para simuladores educativos. Como hipótesis complementaria, y en línea con las investigaciones de (S, D, Diana, & B, 2025) y (U., H., & C., 2020), se postula que la visualización dinámica que ofrece el software facilitará significativamente la comprensión conceptual del problema, aumentando la efectividad pedagógica.

La significancia de esta investigación es multidimensional: desde una perspectiva científica, establece un protocolo riguroso para la validación de simulaciones en mecánica; desde el ámbito pedagógico, aporta nueva evidencia empírica sobre la efectividad de estas herramientas como mediadoras del aprendizaje. En definitiva, esta metodología híbrida, que combina el rigor analítico con la simulación avanzada, representa un paradigma innovador y respaldado por la ciencia para la enseñanza de la física en la educación superior, estableciendo un estándar de calidad replicable para futuras investigaciones.

Metodología

El presente estudio se enmarca en un diseño de investigación cuantitativo con un enfoque de simulación computacional. Se utilizó el software especializado Interactive Physics para modelar y analizar el comportamiento cinemático de un sistema de dos vehículos. El objetivo principal fue validar experimentalmente los principios teóricos del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) en un entorno virtual controlado.

— Protocolo de Simulación y Configuración del Entorno

Para garantizar la reproducibilidad y la validez del modelo, se siguió un protocolo riguroso en la configuración del entorno y los objetos de la simulación:

Construcción de los Vehículos: Cada vehículo se diseñó como un cuerpo rígido. Se creó un polígono para representar el chasis y se agregaron dos círculos para simular las ruedas. A las ruedas de ambos vehículos se les asignó un motor para permitir el movimiento. La masa de cada vehículo, incluyendo el chasis y las ruedas, se configuró en 1000 kg, un valor representativo para un automóvil estándar.

Creación del Entorno Físico: Se modeló una pista de desplazamiento rectilínea mediante un cuerpo rectangular de grandes dimensiones, extendiendo su longitud a **100,000 m** para

asegurar que el recorrido pudiera completarse sin interrupciones.

Configuración de Condiciones Ideales: Para que el modelo se ajustara estrictamente a las ecuaciones teóricas de la cinemática, se eliminaron todas las fuerzas de fricción. Los coeficientes de fricción estática y cinética (μ) se establecieron en **cero** para todos los cuerpos (vehículos y pista), creando un entorno ideal sin pérdidas de energía por fricción.

Las herramientas de medición integradas en Interactive Physics se utilizaron para registrar, visualizar y analizar el comportamiento cinemático de los vehículos:

Medición de Variables: Se adjuntaron medidores a cada vehículo para registrar de forma continua su posición (x) y velocidad (v) en función del tiempo.

Generación de Gráficos: Se generó un único sistema de coordenadas para graficar simultáneamente las curvas de Posición vs. Tiempo y Velocidad vs. Tiempo de ambos vehículos. Esta visualización combinada fue esencial para comparar los comportamientos de ambos vehículos y detectar similitudes con los resultados teóricos.

Configuración de Medidas Automáticas: Se implementaron condiciones específicas para la recolección de datos:

Registro de Tiempo: Se configuró la simulación para detenerse automáticamente en instantes específicos, permitiendo registrar con precisión el valor del tiempo en esos lapsos.

Cálculo de Distancia Relativa: Se utilizó una tabla de medidas y se introdujo una ecuación para calcular la distancia entre los dos vehículos en tiempo real: $D = x_B - x_A$. Esta función permitió un monitoreo continuo de la separación entre el vehículo B y el vehículo A, facilitando la respuesta a las preguntas relacionadas con la distancia entre ellos.

Resultados y discusión

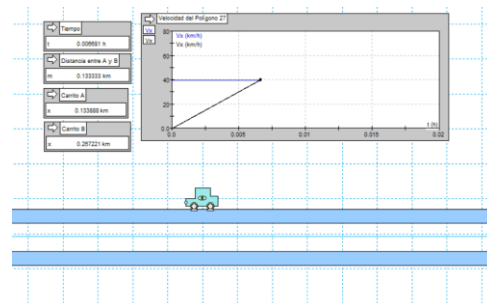


Figura 1. Solución de la parte A y B del problema

Como se puede apreciar en la Figura 1. Solución de la parte A y B del problema, generada a través del software Interactive Physics, permite una clara visualización del comportamiento cinemático de los dos vehículos. La línea azul, que representa el vehículo B, demuestra una velocidad constante de 40 km/h, confirmando así un movimiento rectilíneo uniforme. En contraste, la

línea negra, correspondiente al vehículo A, muestra un incremento gradual de la velocidad desde el reposo, lo que valida su movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

El punto de intersección entre ambas curvas, el cual indica el instante en que el vehículo A iguala la velocidad del vehículo B, se registra a las 0.006681 horas, lo que es equivalente a 24.05 segundos. Este hallazgo, obtenido de la simulación, concuerda directamente con los principios teóricos, lo que corrobora la fiabilidad del software como una herramienta de análisis cinemático.

El análisis de la pregunta (b), que se refiere a la distancia entre los vehículos en el instante en que sus velocidades se igualan, se complementa con la *Figura 1*. Como se puede observar, en el momento exacto de la intersección de las velocidades, el medidor de distancia entre los vehículos, programado en Interactive Physics, muestra un valor de 0.133333 km, lo que equivale a 133.33 metros. Esta medición confirma que, aunque el vehículo A ya había igualado la velocidad de B, aún se encontraba a una distancia considerable detrás de él, lo que es coherente con el hecho de que el vehículo B tuvo un recorrido inicial a velocidad constante mientras el vehículo A partía del reposo.

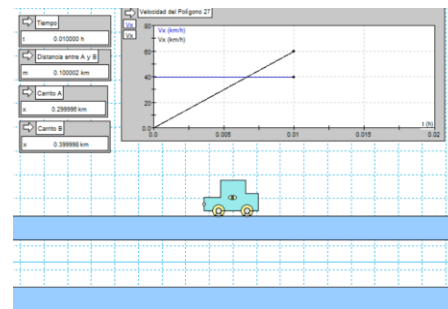


Figura 2. Solución de la parte C del problema.

La *Figura 2* aborda la pregunta (c), que busca determinar qué vehículo va adelante y por cuánta distancia después de 0.010 horas (o 36 segundos). Al detener la simulación en este punto, los medidores de posición indican que el vehículo A se encuentra en la posición 0.299996 km, mientras que el vehículo B está en 0.399996 km. A pesar de que el vehículo A ahora viaja a una velocidad superior, en este instante el vehículo B sigue adelante. Sin embargo, el medidor de distancia entre A y B muestra que la separación se ha reducido a 0.100002 km (100 metros). Este resultado ilustra el proceso dinámico en el que el vehículo acelerado comienza a cerrar la brecha con el vehículo de velocidad constante.

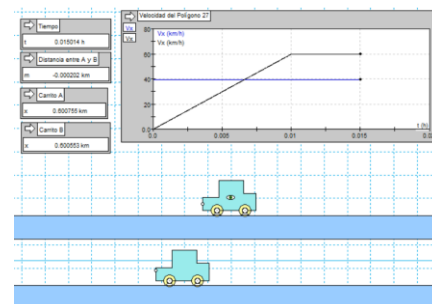


Figura 3. Solución de la parte D y E del problema

La *Figura 3* nos permite responder a las preguntas (d) y (e), las cuales se refieren al momento y lugar del encuentro entre los dos vehículos. Como se puede observar, el vehículo A ya ha superado al vehículo B, lo que se evidencia en el valor negativo del medidor de distancia entre ellos (-0.000202 km), indicando que el vehículo A ahora está adelante.

El punto de encuentro exacto ocurre cuando la posición de ambos vehículos es la misma. En este caso, la simulación arrojó que el encuentro se produjo en la posición de 0.600653 km, lo que equivale a 600.653 metros desde el punto de partida. Este evento ocurrió en un tiempo de 0.015014 horas (aproximadamente 54.05 segundos).

Conclusión

En este estudio, la implementación del software Interactive Physics permitió una validación experimental de los principios de la cinemática en un sistema de dos vehículos. Los resultados obtenidos a través de la simulación demostraron una alta concordancia entre los datos computacionales y la teoría física. La representación gráfica del comportamiento de los vehículos no solo facilitó la visualización de los conceptos abstractos, sino que también proporcionó datos cuantitativos precisos, como el tiempo de encuentro y las distancias relativas.

El análisis confirmó que un vehículo con movimiento uniformemente acelerado eventualmente alcanzará y sobrepasará a otro con

velocidad constante, lo que refuerza la validez de las ecuaciones del movimiento. La metodología híbrida, que combinó el modelado virtual con el análisis cuantitativo de las variables, se estableció como una herramienta efectiva para la enseñanza y comprensión de la física.

Referencias

- H., R., Cristina, V., L., F., R., M., & R., J. (2025). *Simuladores en línea: herramientas interactivas para la enseñanza aprendizaje de Física* (Vol. 4). ASCE. doi:10.70577/2fsj2k62/ASCE/21.40
- S, D., D, E., Diana, C., & B, A. (2025). *Efectividad de la simulación computacional en la enseñanza de la física en educación superior: una revisión sistemática* (Vol. 6). Revista InveCom. doi:10.5281/zenodo.16051280
- U., Y., H., F., & C., T. (2020). *Aprendizaje de la dinámica de una partícula a través del software Interactive Physics en estudiantes de ingeniería* (Vol. 2). Revista Innova Educación. doi:10.35622/j.rie.2020.02.007