

Elementos para simular fenómenos de velocidad con GeoGebra

Elements to simulate speed phenomena with GeoGebra

José Luis Soto Munguía

Universidad de Sonora; México

jose Luis.soto@unison.mx

 orcid.org/0000-0003-4255-3490

María Antonieta Rodríguez Ibarra^a

Universidad de Sonora; México

mariaantonieta.rodriguez@unison.mx

 orcid.org/0000-0002-0317-5020

María Teresa Dávila Araiza

Universidad de Sonora; México

Maria.davila@unison.mx

 orcid.org/0000-0003-3353-145X

Resumen:

La simulación de fenómenos cinemáticos en GeoGebra tiene un papel de suma importancia en la enseñanza de las matemáticas, pues abre la posibilidad de estudiarlos y modelarlos en el aula. Se reportan en este escrito algunos elementos técnicos, indispensables cuando se intenta simular el movimiento de un cuerpo sólido a una velocidad controlada ya sea constante o variable. En la simulación el cuerpo es representado por un punto que se mueve sobre una trayectoria. Primeramente, se describen las características que tiene el movimiento de puntos que GeoGebra genera por defecto, al animar puntos directamente o mediante el uso de deslizadores. Se propone una manera de modificar el efecto de los deslizadores usando funciones reales de variable real, cuyos rangos son usados como intervalo de variación de los deslizadores para simular el movimiento de objetos a velocidad variable y funciones definidas por partes para cambiar de trayectoria los puntos. El artículo está dirigido al profesorado de Matemáticas y Física para Ingeniería que tengan interés en la creación de ambientes virtuales que permitan plantear problemas sobre el movimiento de objetos, simulando en GeoGebra la velocidad a la que se mueven.

Palabras clave: Simulación, Geometría, Cinemática, GeoGebra

^a Autora de correspondencia

Abstract:

The importance of simulating kinematic phenomena is emphasized here, as a possibility of studying and modeling them in the classroom. Some technical elements are reported here, which are essential when trying to simulate the movement of a solid body at a controlled speed, whether constant or variable. In the simulation, the body is represented by a point that moves along a path. First, the characteristics of the movement of points that GeoGebra produces by default, when animating points or by means of sliders, are described. A way of modifying the effect of the sliders is proposed using real functions of real variables, whose ranges are used as sliders to simulate the movement of objects at variable speed and functions defined by parts to change the trajectory of the points. The article is aimed at Mathematics and Physics for Engineering teachers who are interested in the creation of virtual environments that allow posing problems about the movement of objects, simulating in GeoGebra the speed at which they move.

Keywords: Simulation, Geometry, Kinematic, GeoGebra

Cómo citar / How to cite: Soto-Munguía, J.L., Rodríguez-Ibarra, M.A. y Dávila-Araiza, M.T. (2026). Elementos para simular fenómenos de velocidad con Geogebra. *Revista AMIUTEM*, 14(2), 18–27. <https://doi.org/10.65685/amiutem.v14i2.285>

Introducción

La simulación matemática es un tema que ha tenido un interés creciente en Matemática Educativa en los años recientes (Greefrath y Siller, 2017), en parte por la expansión del enfoque STEM en la enseñanza y, en general, por el interés en acercar la matemática escolar a la realidad, ya que la simulación permite llevar al aula versiones simplificadas de fenómenos físicos y situaciones reales, que difícilmente pueden realizarse directamente en el aula, tal como ha sido documentado y experimentado por Serpe (2023), Novak, Fahlberg-Stojanovska y Di Renzo (2011), Pierce y Stacey (2011) y Pospiech (2023).

La cinemática y la geometría han tenido un desarrollo que se entrecruza a lo largo de la Historia, sobre todo después de la invención de la geometría analítica. Esta cercanía entre las dos disciplinas no es casual, la geometría estudia las propiedades de las figuras geométricas, mientras que la cinemática estudia el movimiento de los cuerpos, cuyas trayectorias pueden modelizarse como puntos que se mueven sobre una figura geométrica.

Aunque los términos modelización y simulación con frecuencia son usados indistintamente, la Figura 1 ilustra que la simulación puede verse como parte de un ciclo general de modelización y presupone la existencia de un modelo matemático.

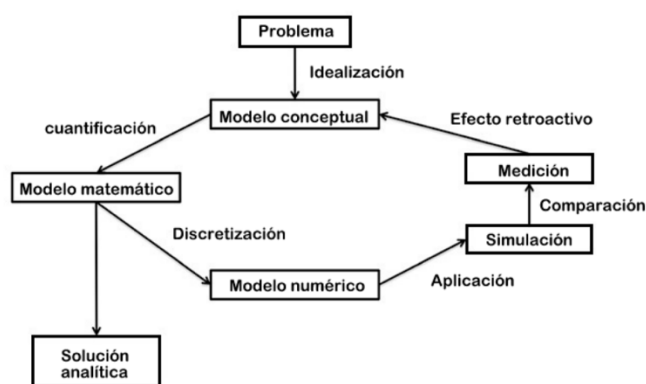


Figura 1. La simulación como parte del ciclo de modelización (Greefrath y Siller, 2017, p. 533).

Un reto para las y los docentes al intentar simular fenómenos cinemáticos cuando se usa un software de geometría dinámica como GeoGebra, tiene que ver específicamente con las dificultades para simular la trayectoria de un objeto en movimiento y la velocidad a la que se está moviendo.

En el presente trabajo se aportan algunos elementos básicos que pretenden superar ciertos retos técnicos que se presentan en la modelización de fenómenos cinemáticos, cuando se usa un software de geometría dinámica como GeoGebra.

La velocidad de las animaciones de GeoGebra

Una de las características de GeoGebra (y de todos los softwares de geometría dinámica) es el modo arrastre, que permite mover objetos directamente en pantalla y ponerlos en movimiento a través de la herramienta “animación”. Pero, si se tiene interés en simular el movimiento de un objeto en pantalla, lo primero que debe precisarse son las características que tiene la velocidad a la que se mueven los objetos cuando se animan en GeoGebra.

En la Figura 2 se ilustran estas características. En dicha figura se han trazado: a) un cuadrado QRST de lado 8, b) una circunferencia inscrita en el cuadrado QRST, c) un cuadrado inscrito en la circunferencia, d) un segmento OP, e) una recta que coincide con el eje de las abscisas y f) una parábola que pasa por el punto P. Este punto P es común a las siete figuras trazadas y tiene coordenadas (4,0).

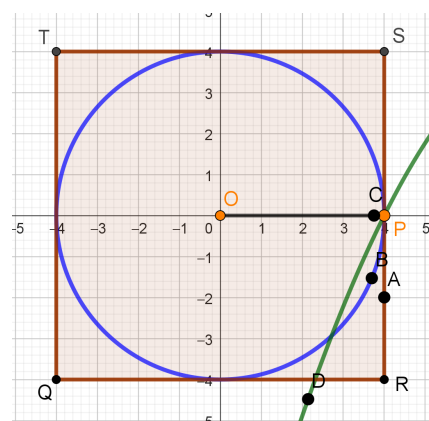


Figura 2. Animación de puntos sobre cuatro figuras geométricas diferentes. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026).

[Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

Sobre cada una de las figuras geométricas de la Figura 2, se han colocado los puntos A, B, C y D respectivamente. Al hacer coincidir los cuatro puntos con el punto P y luego animarlos simultáneamente, podrá verse que todos recorren la figura geométrica sobre la que están colocados, en el mismo tiempo. Es decir, que, transcurrido un cierto tiempo, todos los puntos coinciden de nuevo con el punto P. Lo anterior pone en

evidencia que la velocidad que le imprime GeoGebra a los puntos es constante para los segmentos y las figuras cerradas, aunque es distinta para cada figura, mientras que en las figuras abiertas la velocidad es variable. Esto último tiene que ser así para simular que un punto sobre una curva abierta, cuya longitud es infinita, recorre la curva en un tiempo fijo. La velocidad a la que se anima un punto sobre una figura geométrica puede ser modificada en la configuración del punto (ver Figura 3), pero conserva las características antes descritas.

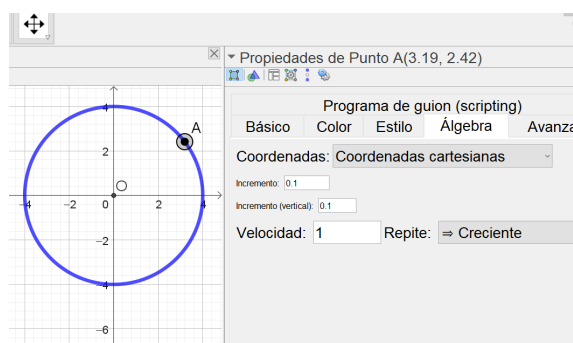


Figura 3. Configuración de la velocidad a la que se mueve un punto A sobre una circunferencia.

Moviendo objetos geométricos con deslizadores

Los “deslizadores” de GeoGebra son variables representadas gráficamente, que permiten mover objetos de manera indirecta. Son una herramienta alternativa al “arrastre” directo de objetos en pantalla.

Como ya se dijo antes, GeoGebra anima un punto sobre un segmento, haciendo que el punto recorra el segmento en el mismo tiempo, independientemente de la medida del segmento. Acorde con esto, si tenemos dos deslizadores que representan variables con rangos distintos, el punto que se mueve sobre cada uno de los segmentos durará el mismo tiempo en recorrer el segmento de los deslizadores. En la Figura 4 se muestran dos deslizadores a y b , con rangos respectivos $-4 \leq a \leq 2$ y $-2 \leq b \leq 8$, capturados en un cierto tiempo t .

La relación entre las variables a y b pudiera ser confusa, pero si se usa el deslizador a para mover un punto $E(a, 0)$ sobre el segmento AB y el deslizador b para mover un punto $F(b, 0)$ sobre el segmento CD , los puntos E y F recorrerán los segmentos AB y CD respectivamente en el mismo tiempo. Y entonces la relación entre las variables será más clara, porque geoméricamente los puntos E y F se mantendrán homotéticos con respecto a P , donde P es el punto de homotecia

determinado por los extremos de los segmentos AB y CD . Se desprende de lo anterior, que las velocidades a las que se mueven los puntos E y F son constantes pero distintas y dependen de los rangos de los deslizadores a y b .

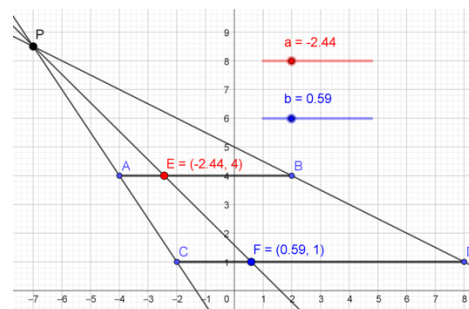


Figura 4. Comparación del movimiento de dos puntos sobre segmentos distintos, usando deslizadores con rangos diferentes. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

Rotación de un punto a una velocidad constante

Si se pretende usar deslizadores para simular el movimiento de un punto sobre una circunferencia a una velocidad constante, tendremos que tomar en cuenta que la relación entre velocidad, distancia y tiempo está regida por la fórmula $v = \frac{d}{t}$, y aunque en GeoGebra, la velocidad a la que se mueve el punto sobre el deslizador está predeterminada pero no puede saberse cuál es, porque el segmento que representa el deslizador no está ligado a la graduación del plano cartesiano.

Si se quiere rotar un punto P sobre una circunferencia de radio r , entonces el punto recorrerá una distancia $r\theta$, donde θ es el ángulo en radianes que ha rotado el punto P , entonces se estará simulando una velocidad $v = \frac{r\theta}{t}$. Por ejemplo, al simular el movimiento circular de un punto P que recorre una circunferencia de radio 1.8 m, por una sola vez, puede trazarse un deslizador θ con un rango de $0 \leq \theta \leq 2\pi$ para controlar el ángulo de rotación. En la Figura 5 se muestra la simulación del movimiento de una piedra, representada por el punto P , atada a una cuerda de 1.8 metros y que rota a una velocidad tangencial constante. El punto P ha sido rotado un ángulo θ dado en radianes, esta configuración en radianes resulta importante para resolver la variante del problema que se planteará enseguida.

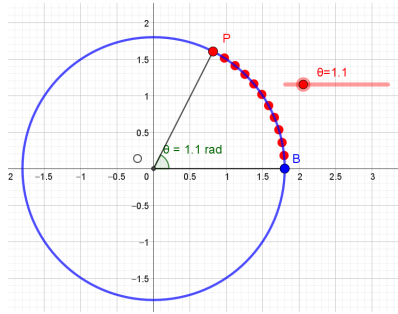


Figura 5. Punto que rota a velocidad tangencial constante. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

Para simular ahora el movimiento circular de una piedra que se suelta de la cuerda después de rotar un ángulo de $\frac{11\pi}{4}$, se tiene que abordar el cambio de trayectoria de la piedra, de moverse circularmente a tomar la dirección de la tangente en el punto donde se suelta (ver Figura 6). Si se quiere simular este movimiento “mixto” con el mismo deslizador, se tendrá que empezar por modificar el rango del deslizador más allá de $\frac{11\pi}{4}$, para que pueda mover el punto P una vez concluida la trayectoria circular.

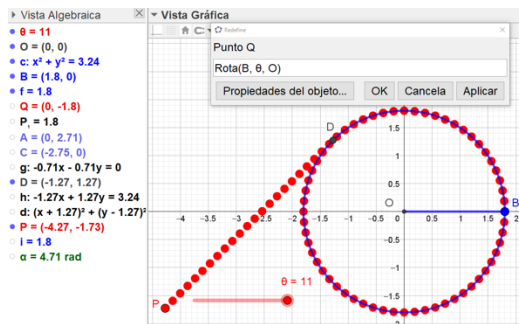


Figura 6. El cambio de trayectoria de un punto, de circular a lineal. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

Aunque el punto P que se mueve sobre la circunferencia, y el punto P que se mueve sobre una línea recta, están etiquetados como si fueran el mismo, no lo son (Figuras 6 y 7). El primero de ellos es un punto Q que resulta de rotar el punto B según el ángulo θ y ha sido configurado para que se oculte después de rotar un ángulo de $\frac{11\pi}{4}$ y luego se muestra el segundo (punto P), que se mueve sobre la tangente a la circunferencia que pasa por D y ha sido determinado trasladando sobre la recta tangente una distancia de $1.8 \left(\theta - \frac{11\pi}{4} \right)$ a partir del punto D , para que el punto recorra una

distancia de 1.8θ por unidad de tiempo, sobre la recta y se muestre cuando θ sea mayor que el ángulo $\frac{11\pi}{4}$.

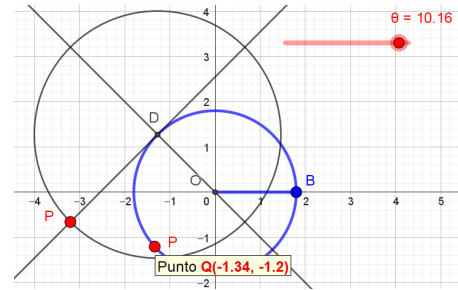


Figura 7. Los dos “puntos P” que simulan un solo punto. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

Rotar un punto P alrededor de otro punto, con velocidad variable

El uso directo de deslizadores genera de manera natural velocidades constantes, de forma que, al mover un punto con velocidad variable, se tiene que buscar una manera de que la velocidad constante del deslizador genere velocidades variables. Una manera de hacer eso se expone a continuación.

En la Figura 8 puede verse la simulación de un punto P que se mueve a velocidad variable sobre una circunferencia de radio 5, en la misma se activó el “rastreo” del punto y el radio de la circunferencia, para que hacer notar que el punto recorre distancias cada vez mayores en tiempos iguales. Para construir la simulación se ha introducido la función $f(x) = \frac{x^2}{2\pi}$ con un rango y dominio iguales a $0 \leq x \leq 2\pi$ con el propósito de usar la función f como rango del “deslizador”, de modo que en lugar de rotar el punto P un ángulo θ , se ha rotado un ángulo $f(\theta)$. Así para cada ángulo θ , el punto se moverá un arco de medida $5f(\theta)$ y el punto recorrerá distancias crecientes para intervalos iguales de tiempo. Como θ es una función que depende del tiempo, entonces $f(\theta) = \frac{\theta^2}{2\pi}$ depende del tiempo y su derivada $f'(\theta) = \frac{\theta}{\pi}$ es siempre positiva y creciente, entonces la velocidad del punto P es siempre creciente en el dominio $0 \leq x \leq 2\pi$.

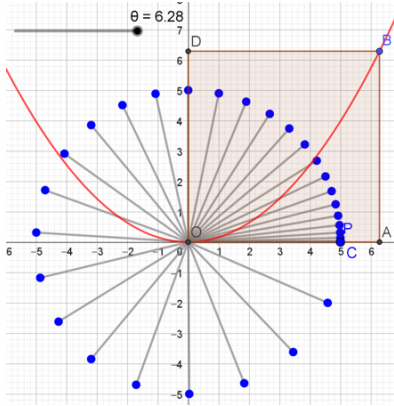


Figura 8. Un punto rotando a velocidad tangencial variable. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

En la Figura 9 se ha construido una función $f(x): [0, 2\pi] \rightarrow [0, 2\pi]$ cuya gráfica pasa por los puntos O , A , B , C y D (donde A , B y C son puntos libres), utilizando la herramienta *AjustePolinómico*. Si el punto P se hace rotar un ángulo $f(k)$, entonces el punto se moverá a una velocidad determinada por la función f . Aunque los puntos O y D están fijos, los puntos A , B y C pueden “arrastrarse” para modificar la función $f(k)$ y diversificar el movimiento de P si se quiere. El rango de la función $f(x)$ garantiza que el punto P dé una vuelta completa a la circunferencia y las características de la función permiten predecir el comportamiento del movimiento del punto P . A partir del inicio de su movimiento, el punto P irá disminuyendo su velocidad hasta que la función f alcance su máximo local, en ese máximo la velocidad será cero (Figura 9a), luego el punto P invertirá su dirección hasta que f alcance su mínimo local, en ese mínimo la velocidad llegará a cero de nuevo (Figura 9b) y a partir de ese mínimo la velocidad empezará a aumentar hasta completar la vuelta completa (Figura 9c). Finalmente, en la Figura 9d puede observarse el arco de mayor concentración de puntos que corresponde al arco determinado por la variación de la función f entre sus dos puntos extremos.

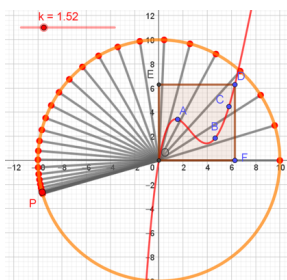


Figura 9a

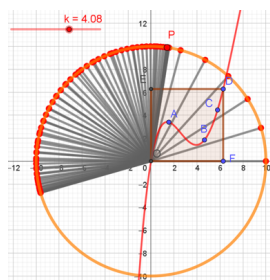


Figura 9b

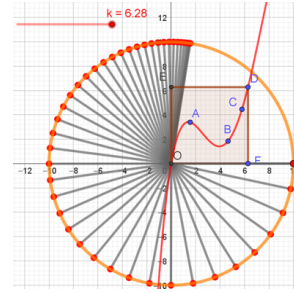


Figura 9c

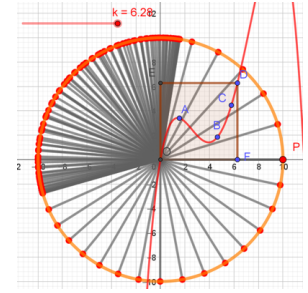


Figura 9d

Figura 9. El movimiento de un punto P observado en diferentes rangos de f . **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

Las imágenes mostradas en la Figura 9 explican el movimiento del punto P a partir del comportamiento de la función $f(x)$, pero también el comportamiento de la función $f(x)$ a partir del movimiento del punto P . El uso de la herramienta *AjustePolinómico* permite además modificar la función $f(x)$ para generar otras variantes de la situación. La velocidad a la que se mueve el punto está determinada por la derivada de la función f .

La modelización de un péndulo

Un problema más realista que puede plantearse a partir del último ejemplo mostrado en la sección anterior es la simulación de un péndulo. Primeramente, a partir de observar la oscilación de un péndulo físico, se trata de encontrar la función $f(x)$ que “gobernará” el movimiento pendular. Para ello habrá que responder previamente algunas preguntas como las siguientes, sobre las características de la función: ¿Cuál será el rango de la función?, ¿cuál es la velocidad del péndulo al iniciar su período?, ¿en qué momento del período alcanzará el péndulo su velocidad máxima? Adicionalmente se tienen que precisar los datos del péndulo y la oscilación que se pretende simular, porque estos datos están relacionados directamente con la función f . Iniciaremos con lo último, se trata de simular el movimiento de un péndulo con una longitud igual a 5 m y una amplitud de $\frac{\pi}{4}$ radianes.

Si el ángulo de rotación de la masa se mide a partir de la parte positiva del eje de las abscisas, entonces la posición inicial del péndulo formará un ángulo de $\frac{5\pi}{4}$ radianes medidos en el sentido antihorario y la posición al final de media oscilación será de $\frac{7\pi}{4}$ radianes, esto significa que la función puede ser definida como $f(x): [0, 4] \rightarrow [\frac{5\pi}{4}, \frac{7\pi}{4}]$, obsérvese que se ha escogido un dominio cómodo para la función, porque el

dominio será de poca importancia en la simulación. Para darnos una idea de la forma que tendrá la función, observemos algunas de sus características:

- $f(0) = \frac{5\pi}{4}$, porque cuando el deslizador empieza a moverse, el punto que representa la masa tendrá que haber rotado ese ángulo a partir de la parte positiva del eje de las abscisas.
- Como la masa partirá del reposo, entonces su velocidad inicial deberá ser cero y por lo tanto $f'(0) = 0$.
- La velocidad de la masa será creciente hasta llegar a la vertical, lo cual significa que la función tendrá que ser cóncava hacia arriba hasta alcanzar la velocidad máxima.
- A partir de la vertical, la masa disminuirá su velocidad hasta alcanzar la velocidad cero al final de la mitad de la oscilación, lo cual significa que la función será cóncava hacia abajo hasta alcanzar un máximo local, es decir hasta que $f'(2) = 0$.

Las características anteriores permiten definir la función $g(x)$ hasta la mitad del dominio, para la otra mitad del dominio basta con construir una función $h(x)$ cuya gráfica sea simétrica con respecto a la paralela al eje y , que pase por el punto medio del segmento definido por el dominio de f . Una vez construidas las funciones g y h , las usamos para definir por partes la función f . En la Figura 10 puede verse la construcción de la función f .

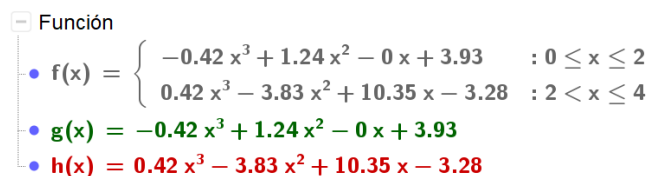


Figura 10. La función f , definida por partes

En la Figura 11 se muestra la paralela al eje y que pasa por el punto $D(2,0)$, los puntos fijos $P(0, \frac{5\pi}{4})$ y $Q(2, \frac{7\pi}{4})$, los puntos libres E, F y los puntos G, H y R simétricos a los puntos F, E y P respectivamente. Luego se ha usado la herramienta AjustePolinómico para trazar la función g que pasa por los puntos P, E, F y Q y los puntos E y F ajustados para que la función g tenga las características enlistadas antes. Con la misma herramienta Ajuste Polinómico se hace pasar la

gráfica de la función h por los puntos Q, G, H y R . Finalmente se construye la función f , tal como se muestra en las Figuras 10 y 11.

En la Figura 11 también puede verse la simulación del péndulo, en la que se activó el trazo del punto S y del radio CS para ilustrar cómo se comporta la velocidad con la que se mueve el punto S que representa la masa del péndulo.

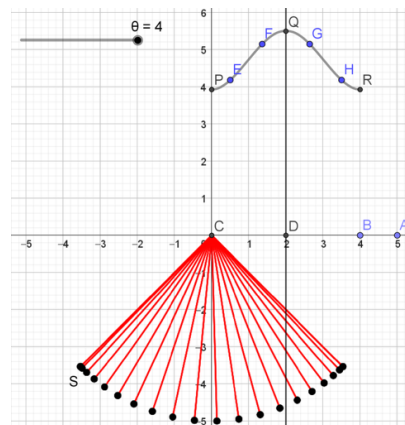


Figura 11. Simulación del péndulo. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

Traslado rectilíneo de objetos

GeoGebra permite trasladar objetos geométricos de más de una manera, la más conocida consiste en utilizar la herramienta “Traslación”, que permite mover un objeto de un lugar a otro, según un vector previamente construido. Esta herramienta aplicada de manera directa no permite observar la trayectoria que el objeto seguiría. La limitación mencionada de esta herramienta puede solventarse fácilmente. Por ejemplo, si queremos trasladar un objeto (como una esfera en 3D) de un punto A a un punto B y observar su trayectoria, basta con construir un vector $u = \overrightarrow{AB}$ y luego construir un vector variable $v = ku$ controlado con un deslizador k , con $0 \leq k \leq 1$, por las características ya mencionadas sobre los deslizadores, la velocidad a la que se mueve la esfera es constante. En la Figura 12 se muestra el movimiento rectilíneo de una esfera de radio 2, sobre la esfera se han trazado dos circunferencias que pueden hacerse rotar durante la traslación, para que el movimiento de la esfera se vea más realista.

Sin embargo, en cuanto el movimiento rectilíneo a modelizar presenta alguna complicación (cambio de trayectoria o de velocidad), las herramientas directas de GeoGebra resultan insuficientes. En el ejemplo siguiente se muestra el

modelo (esquemático) de una soldadora (Figura 13) que se mueve hasta contactar una lámina plana, aplica un punto de soldadura en la superficie y luego se regresa. La función $q(x)$ que controla el movimiento de la soldadora es una función definida por partes, la primera parte (AB en la gráfica) hace avanzar la soldadora hasta contactar la superficie y empezar a soldarla, la segunda parte (BC en la gráfica) mantiene fija la soldadora el tiempo que dura soldando y la tercera parte (CD en la gráfica) hace que la soldadora regrese a su posición inicial mientras se intercambia la lámina. De nueva cuenta estamos ante un ambiente virtual en el que pueden analizarse las partes de la función $q(x)$ y sus efectos sobre el movimiento de la “soldadora”.

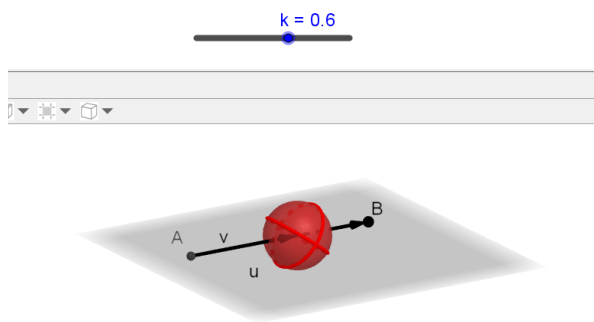


Figura 12. La trayectoria rectilínea de una esfera desde un punto A a un punto B. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

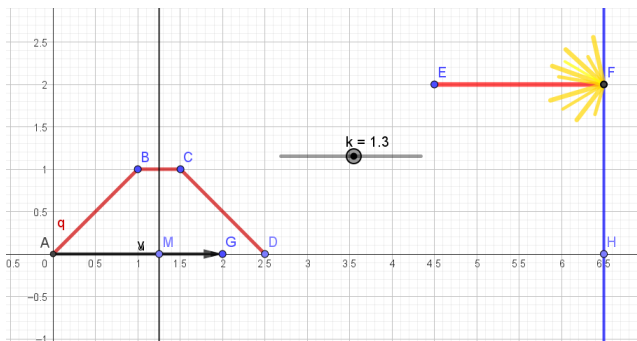


Figura 13. Modelo de una soldadora. **Nota.** Construcción interactiva elaborada por Soto (2026). [Acceder a la construcción en GeoGebra](#)

Reflexiones finales

A pesar de que el dinamismo es la característica más innovadora en los softwares de geometría dinámica, la simulación de fenómenos de velocidad no resulta sencilla. Este artículo concluye con algunas reflexiones sobre las dificultades que se presentan al intentar simular en GeoGebra el movimiento de un cuerpo.

1. Tal como ha sido de problemático el desarrollo epistemológico del concepto de tiempo, también en GeoGebra lo es. De hecho, el tiempo real en el que transcurren los acontecimientos en la realidad sirve de poco, porque GeoGebra funciona con su propio tiempo. Por esta razón, solo se cuenta con el tiempo programado en el interior del software para mover un objeto de una posición a otra.
2. Por defecto, GeoGebra mueve puntos sobre figuras geométricas a una velocidad constante, cuando se trata de segmentos o curvas cerradas, por ello es por lo que cualquier simulación que quiera construirse presupone que ya tenemos como referencia un punto moviéndose sobre una figura a una velocidad constante predeterminada y la velocidad de la simulación tendrá que hacer referencia a ella. Esta figura normalmente es un segmento o un deslizador.
3. Se han propuesto como proyectos a estudiantes (en cursos de Geometría Analítica para ingeniería), algunas de las simulaciones mostradas aquí. Aunque los resultados no han sido analizados de manera sistemática, se puede decir que han sido favorables afectivamente, pero la conclusión de los proyectos ha requerido de un fuerte apoyo. Las dificultades observadas en los estudiantes revelan que no se trata de tareas sencillas, pero la más evidente es que muestran algunas dificultades para combinar el pensamiento geométrico con los conceptos de la física y con el manejo técnico del software.
4. La construcción de simulaciones con GeoGebra sobre fenómenos cinemáticos ha resultado una actividad formativamente muy enriquecedora para nosotros(as) y se esperaría que así resultara para otros profesores y profesoras de matemáticas y física. Como puede verse en el artículo, hay varios caminos sobre los que puede continuarse el trabajo: uno de ellos es la diversificación de los movimientos a simular y el otro tiene que ver con el estudio empírico del potencial didáctico que pudieran tener estos simuladores.
5. Las simulaciones mostradas aquí parten de las características generales de la velocidad a la que se mueve un cuerpo físico y están lejos de ser simulaciones en tiempo real, sin embargo, estamos convencidos(as) que las simulaciones pueden hacerse en tiempo real, para lo cual se requiere precisar cuáles son los tiempos reales que usa GeoGebra para mover un punto sobre una figura, desde uno de sus puntos a otro.

Referencias

1. Greefrath, G. y Siller, HS. (2017). Modelling and Simulation with the Help of Digital Tools. In: Stillman, G., Blum, W., Kaiser, G. (eds.) *Mathematical Modelling and Applications. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62968-1_44
2. Novak, D., Fahlberg-Stojanovska, L. y Di Renzo, A. (2011). Building simulators with geogebra. In L. Bu and R. Schoen (eds.), *Model-Centered Learning: Pathways to Mathematical Understanding Using GeoGebra*, (pp. 73-89). Sense Publishers: Dordrecht, NL.
3. Pierce, R. y Stacey, K. (2011). Using dynamic geometry to bring the real world into the classroom. In L. Bu and R. Schoen (eds.), *Model-Centered Learning: Pathways to Mathematical Understanding Using GeoGebra*, (pp. 41-55). Sense Publishers: Dordrecht, NL.
4. Pospiech, G. (2023). An Educational Perspective on the Connections Between Physics and Mathematics. In: Borg Marks, J., Galea, P. (eds) *Physics Teacher Education. Challenges in Physics Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44312-1_3
5. Serpe, A. (2023). Digital Tools to Enhance Interdisciplinary Mathematics Teaching Practices in High School. In: Fulantelli, G., Burgos, D., Casalino, G., Cimitile, M., Lo Bosco, G., Taibi, D. (eds) *Higher Education Learning Methodologies and Technologies* Online. HELMeTO 2022. Communications in Computer and Information Science, vol 1779. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29800-4_16
6. Soto, J. L. (2026). *Animación de puntos sobre cuatro figuras geométricas diferentes*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/nhfaqdjr>
7. Soto, J. L. (2026). *Comparación del movimiento de dos puntos sobre segmentos distintos, usando deslizadores con rangos diferentes*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/ry5augvz>
8. Soto, J. L. (2026). *Punto que rota a velocidad tangencial constante*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/ujkw4waw>
9. Soto, J. L. (2026). *El cambio de trayectoria de un punto, de circular a lineal*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/ty7kkzkc>
10. Soto, J. L. (2026). *Los dos "puntos P" que simulan un solo punto*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/yc9y8pd9>
11. Soto, J. L. (2026). *Un punto rotando a velocidad tangencial variable*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/wbrqtnfk>
12. Soto, J. L. (2026). *El movimiento de un punto P observado en diferentes rangos de f*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/facget6c>
13. Soto, J. L. (2026). *Simulación del péndulo*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/xbbcsytz>
14. Soto, J. L. (2026). *La trayectoria rectilínea de una esfera desde un punto A a un punto B*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/xqkb57a9>
15. Soto, J. L. (2026). *Modelo de una soldadora*. [Construcción interactiva]. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/m/frq5fcab>

Artículo recibido: 29 mayo 2026

Dictaminado: 13 junio 2025

Aceptado: 12 octubre 2026