

Tornillo Micrométrico: Simulación Dinámica en Geogebra Como Recurso Didáctico.

Micrometric Screw: Dynamic Simulation In Geogebra As A Didactic Resource.

Fabián Andrés Jalk Duque¹, Sonia Valbuena Duarte², Francisco Juan Racedo Niebles³

¹ Estudiante de pregrado en Física, Universidad del Atlántico; miembro del grupo GEOEL; Barranquilla, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4905-0722>

² Licenciada en Matemáticas y Física; Magíster en Educación; Doctora en Matemáticas; Profesora, Universidad del Atlántico; investigadora del grupo GIMED; Barranquilla, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3667-1087>

³ Licenciado en Matemáticas y Física; Magíster en Física; Universidad del Atlántico; investigador del grupo GEOEL; Barranquilla, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1777-2659>

Correo de correspondencia: fjalk@mail.uniatlantico.edu.co

Cite this article as: F. Jalk-Duque, S. Valbuena- Duarte, F.Racedo-Niebles, “Tornillo Micrométrico: Simulación Dinámica En Geogebra Como Recurso Didáctico. ”, Prospectiva, Vol 24, N° 1, 2026.

Recibido: 17/06/2025 / Aceptado: 14/11/2025

<http://doi.org/10.15665/rp.v24i1.3784>

RESUMEN

El desarrollo experimental en las instituciones de educación media y superior puede ser enriquecido gracias a la implementación de herramientas complementarias, como lo son las simulaciones, puesto a que estas pueden funcionar como añadido a una práctica de laboratorio real. Se tiene como objetivo enseñar al estudiante a leer y usar de manera adecuada un tornillo micrométrico, mediante la creación de una simulación dinámica en GeoGebra. Para implementar estrategias de aprendizaje se desarrollaron dos actividades: la primera, orientada al reconocimiento de las medidas con el tornillo micrométrico, y la segunda, destinada a comprobar la capacidad del estudiante para leer de manera correcta la medida. Para la creación de la simulación se implementaron variables dinámicas mediante el uso de deslizadores, los elementos de medición fueron generados mediante textos y secuencias de segmentos, por último, para la implementación de las actividades se emplearon herramientas interactivas como los botones, textos y casillas de entrada.

Palabras clave: Simulación, GeoGebra, Tornillo micrométrico, Estrategias de Aprendizaje.

ABSTRACT

The experimental development in middle and higher education institutions can be enriched through the implementation of complementary tools, such as simulations, since these can function as an addition to a real laboratory practice. The objective is to teach students to read and use a micrometer screw properly, through the creation of a dynamic simulation in GeoGebra. To implement learning strategies, two activities were developed: the first one aimed at recognizing measurements with the micrometer screw, and the second one aimed at verifying the student's ability to read the measurement correctly. For the creation of the simulation, dynamic variables were implemented using sliders, measurement elements were generated using texts and sequences of segments, and finally, interactive tools such as buttons, texts, and input boxes were used for the implementation of the activities.

Keywords: Simulation, GeoGebra, Micrometer Screw Gauge, Learning Strategies.

1. INTRODUCCIÓN

Un tornillo micrométrico, también conocido como micrómetro o palmer, es un instrumento de medición utilizado para determinar dimensiones pequeñas con exactitud. Se emplea en diversas aplicaciones industriales, mecánicas y científicas, tales como la medición de diámetros, espesores y en algunos casos profundidades; incluso en la estimación cuantitativa de minerales presentes en rocas [1]. También es fundamental en inspecciones de precisión durante la fabricación de piezas estandarizadas, entre otras utilidades. Dada la importancia del uso de esta herramienta en múltiples disciplinas como las ciencias y la ingeniería, su enseñanza es habitual en instituciones de educación superior y, en menor medida, en niveles escolares previos.

Sin embargo, no todas las instituciones educativas cuentan con equipos suficientes para cubrir la demanda de instrumentos como el tornillo micrométrico. Esta limitación representa un obstáculo para la enseñanza práctica de habilidades fundamentales. En este contexto, las herramientas proporcionadas por los avances tecnológicos juegan un papel importante en la formación de los estudiantes [2]. Los laboratorios virtuales simulados surgen como una alternativa que complementa las prácticas de laboratorio tradicionales, permitiendo a los estudiantes trabajar de manera individual y acceder a experiencias prácticas sin las restricciones físicas de disponibilidad de equipos o infraestructura especializada. Estos entornos ofrecen una plataforma interactiva en la que se puede aprender a utilizar un tornillo micrométrico en un ambiente controlado, repetible y sin posibilidad de dañar el instrumento.

La enseñanza de habilidades prácticas en ciencias e ingeniería enfrenta desafíos significativos en contextos educativos con recursos limitados. Instrumentos de medición de precisión, como el tornillo micrométrico, son esenciales para formar competencias técnicas en estudiantes [3]. No obstante, en América Latina existe una marcada disparidad en el acceso a recursos educativos entre instituciones públicas y privadas. Estudios recientes evidencian que, mientras las instituciones privadas en la región cuentan con laboratorios bien equipados, las públicas no siempre disponen de los recursos necesarios [4]. Esta brecha afecta el desarrollo de habilidades técnicas en estudiantes de sectores vulnerables, lo que también perpetúa desigualdades en su formación profesional.

La enseñanza práctica de las ciencias es reconocida como clave para el desarrollo científico y técnico. Diversas investigaciones en educación STEM (por sus siglas en inglés: Science, Technology, Engineering, and Mathematics) señalan que el trabajo experimental fortalece la comprensión conceptual, desarrolla habilidades de observación y fomenta la autonomía en la resolución de problemas [5-7]. Sin embargo, lograr estas experiencias de forma efectiva exige condiciones materiales que no siempre están garantizadas en todos los contextos educativos.

Frente a estas limitaciones, las simulaciones digitales emergen como una solución pedagógica viable. Investigaciones demuestran que los laboratorios virtuales mejoran la comprensión conceptual [5,7,8] y permiten repetir procedimientos en entornos controlados, lo que contribuye a reducir errores comunes en mediciones manuales [5]. Además, las simulaciones ofrecen una experiencia segura, accesible y adaptable a distintos ritmos de aprendizaje, lo que favorece el aprendizaje autónomo.

En este contexto, GeoGebra, tradicionalmente utilizada en la enseñanza de matemáticas, también se ha aplicado en áreas como la física. Su capacidad para generar entornos educativos y de libre acceso la convierte en una alternativa atractiva para diseñar simulaciones educativas [6,8,9]. Aunque su aplicación en el área de instrumentación de precisión es aún incipiente, se han reportado avances que respaldan su uso como plataforma para representar fenómenos físicos de manera visual y dinámica [6].

Este estudio se enfoca en el diseño y validación de una simulación dinámica del tornillo micrométrico en GeoGebra, con dos objetivos principales: fortalecer el aprendizaje autónomo mediante una interfaz interactiva que replique el funcionamiento real del instrumento y evaluar la eficacia pedagógica de la simulación en la reducción de errores sistemáticos en lecturas de medición, comparando resultados con prácticas tradicionales [5,9].

La relevancia de esta propuesta radica en su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [10], que promueven el acceso a una educación de calidad mediante el uso de tecnologías inclusivas. Además, este trabajo aporta a la literatura existente al integrar principios de diseño centrado en el usuario con metodologías activas de aprendizaje, como el modelo de aprendizaje basado en simulaciones [11-13].

El tornillo micrométrico surgió en el siglo XVII como respuesta a la necesidad de realizar mediciones con alta precisión. Su creación inicial se le atribuye a William Gascoigne, quien diseñó una de las primeras versiones del tornillo micrométrico, el cual suponía una mejora del vernier o nonio empleado en el calibre, y se utilizaría en astronomía para medir con un telescopio distancias angulares entre estrellas [14]. Posteriormente este diseño pasó por diferentes mejoras creando diferentes versiones de este objeto de precisión, siendo la más importante la realizada por el mecánico francés Jean Laurent Palmer en 1848, quien desarrolló el hoy conocido tornillo micrométrico de mano.

El palmer utilizado en la actualidad es una pieza en forma de U en la que, en un extremo, hay un tope fijo y, en el otro extremo, alineado con este tope, hay una tuerca sobre la que avanza un tornillo en una escala que marca las vueltas que este da [15]. Esta herramienta toma medidas de pequeñas distancias de una manera precisa. Para conseguir esto utiliza un mecanismo de tornillo graduado para producir mediciones lineales precisas, puesto que la cantidad de rotación de un tornillo de precisión está directamente relacionada con la cantidad de movimiento axial. Esta relación es una constante de cada tornillo fabricado, llamada paso, siendo la distancia axial que recorre al dar un giro de 360°. Usualmente, esta es de 0.5 mm en los equipos encontrados en instituciones educativas [16,17].

Partes del tornillo micrométrico.

Las partes del tornillo son visibles en la figura 1

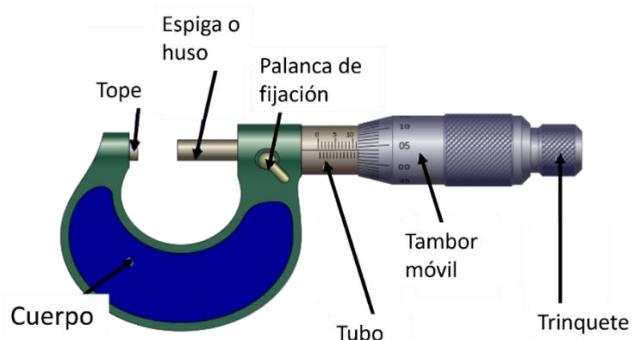


Figura1: Partes del tornillo micrométrico o palmer. Nota. Figura sin derechos de autor.

El cuerpo constituye el armazón del micrómetro. El tope determina el punto cero de la medida; es la parte fija montada en un extremo del marco, exactamente paralela al tornillo móvil que se mueve hacia él. La espiga es un elemento cilíndrico móvil que determina la lectura del micrómetro al desplazarse mediante la rotación del tambor. La palanca de fijación permite bloquear el desplazamiento de la espiga. En el tubo y el tambor móvil se encuentran las escalas de medición: en el tubo, la escala principal de medición, y en el tambor, una escala giratoria que permite una mayor precisión. El trinquete es un pequeño dispositivo que se utiliza para proporcionar una fuerza limitada; este actúa como un dispositivo de seguridad para los instrumentos y también agrega más precisión en la medición.

Lectura de medidas.

Para leer de manera adecuada un micrómetro, se debe observar la escala de la espiga, el valor de la línea de referencia más cercana a la base del tambor (escala fija). Esta lectura suele estar en milímetros. Luego, se debe leer el valor del tambor. Este valor indica las fracciones de milímetro. Posteriormente, se deben sumar las lecturas de la espiga y del tambor para obtener la medida total.

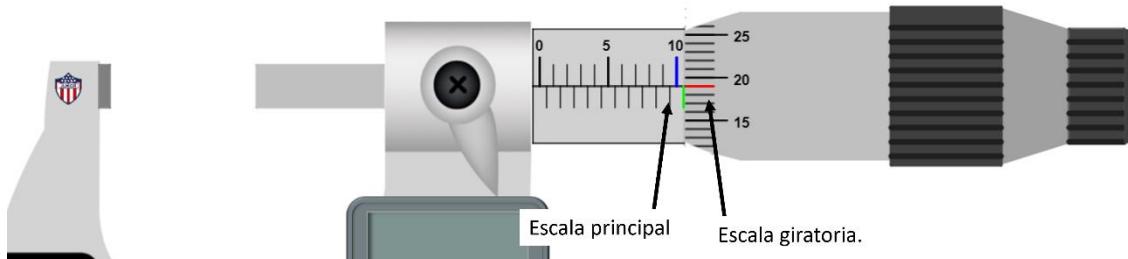


Figura 2: Lectura de la escala principal y la escala del tambor vistas en la simulación. Nota. Fuente.

Autoría propia

En la figura 2 se observa una sección de un micrómetro palmer donde se está realizando una medición la cual corresponde a 10,69mm.

Existen diversos tipos de tornillos micrométricos y diversas formas de clasificarlos. La principal característica de cambio en la parte mecánica o para lo que están diseñados es el tope, que varía de muchas maneras para tomar diferentes tipos de medición. El modelado en la simulación corresponde a uno de medida exterior, sin embargo, existen versiones diseñadas para realizar medidas interiores. El tope toma diferentes formas según el uso que se le quiera dar al tornillo, y se utilizan para medir roscas, superficies

planas paralelas, diámetros, engranajes, entre otros. Actualmente, los utilizados a nivel industrial tienen la particularidad de ser de lectura automática o digital [18].

Simulaciones en educación STEM: fundamentos y eficacia

El enfoque STEM representa una integración curricular de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, diseñada para preparar a los estudiantes frente a los desafíos del siglo XXI. Este modelo pedagógico busca desarrollar habilidades interdisciplinarias que permitan resolver problemas reales, fomentar el pensamiento crítico, la creatividad y la innovación, elementos clave en un mundo marcado por el avance tecnológico constante [19-21].

El núcleo del enfoque STEM no es solo el aprendizaje de contenidos aislados en cada una de las disciplinas, sino la integración coherente de las mismas en contextos auténticos y significativos. A través de actividades basadas en proyectos, los estudiantes son motivados a aplicar conceptos científicos y matemáticos al diseño y construcción de soluciones tecnológicas, promoviendo así la comprensión profunda y funcional de los saberes [19,-24].

El uso de simulaciones digitales en la enseñanza STEM se sustenta en teorías pedagógicas como el constructivismo, donde el aprendizaje se construye mediante la interacción activa con herramientas que replican fenómenos reales [8,11,13]. Estudios demuestran que las simulaciones mejoran la comprensión conceptual al permitir a los estudiantes visualizar procesos abstractos [5,7,13] y superar algunas dificultades que surgen en el aprendizaje [11-13].

Además, las simulaciones facilitan el aprendizaje autónomo, ya que los usuarios pueden repetir experimentos ilimitadamente en entornos controlados, una ventaja crítica en contextos con recursos limitados [3,12,13]. Este enfoque se alinea con el modelo de aprendizaje basado en simulaciones, que prioriza la experimentación segura y la retroalimentación inmediata [5,13].

GeoGebra como herramienta didáctica en educación técnica

GeoGebra es un software de matemáticas dinámicas que integra geometría, álgebra, hojas de cálculo, gráficos, estadística y cálculo en un solo entorno digital. Fue creado con el propósito de ofrecer una herramienta interactiva que facilitara la enseñanza y el aprendizaje de conceptos matemáticos a través de representaciones visuales manipulables [25-27]. A lo largo del tiempo, ha evolucionado hasta convertirse en una plataforma robusta y flexible, usada ampliamente en diferentes niveles educativos y disciplinas.

Una de las características distintivas de GeoGebra es su interfaz dual, que permite representar objetos tanto algebraicamente como geométricamente. Por ejemplo, una función definida en el campo algebraico se grafica automáticamente en el plano cartesiano, y, viceversa, una figura trazada con el cursor se traduce inmediatamente en una expresión matemática. Esta bidireccionalidad entre la forma visual y simbólica promueve una comprensión profunda de las relaciones matemáticas [25-27].

GeoGebra opera a través de "hojas de trabajo dinámicas", en las cuales los usuarios pueden incorporar elementos como puntos, rectas, polígonos, controles deslizantes, botones, campos de entrada y scripts. Estas hojas son completamente interactivas: los objetos pueden manipularse directamente con el mouse o modificarse mediante parámetros numéricos. Los deslizadores, por ejemplo, permiten alterar variables en tiempo real, facilitando la exploración de cómo ciertos parámetros afectan los resultados [28].

El software también incluye un lenguaje de comandos y scripts (similar al de lenguajes como JavaScript o LaTeX en algunos casos), lo cual posibilita desarrollar simulaciones más complejas, automatizar acciones o incorporar retroalimentación inmediata para el usuario. Gracias a estas capacidades, GeoGebra se ha convertido en una herramienta eficaz para la enseñanza de matemáticas, para representar fenómenos físicos y mecánicos, como sistemas masa-resorte, oscilaciones, transformadores, válvulas y mecanismos técnicos [29].

Una ventaja fundamental de GeoGebra es su accesibilidad. Es gratuito, de código abierto y disponible en múltiples plataformas: puede usarse como aplicación de escritorio, en navegadores web o en dispositivos móviles. Esto hace posible que instituciones educativas con recursos limitados puedan implementar simulaciones interactivas sin necesidad de invertir en software licenciado o infraestructura costosa. Asimismo, su comunidad global ha creado y compartido miles de recursos educativos reutilizables en su repositorio oficial, lo cual fortalece el aprendizaje colaborativo [28].

En el ámbito de la educación técnica y profesional, GeoGebra ha demostrado ser útil para diseñar representaciones dinámicas de herramientas e instrumentos de medición como calibres, micrómetros y dispositivos electrónicos básicos. Estas simulaciones permiten al estudiante interactuar con representaciones virtuales que emulan el funcionamiento real de dichos instrumentos, mejorando su comprensión sobre lectura de escalas, ajuste de parámetros y observación de resultados. Aunque originalmente no fue concebido para la metrología, su flexibilidad lo hace ideal para generar modelos personalizados que simulan con fidelidad conceptos técnicos esenciales. Ha sido adaptado exitosamente a disciplinas técnicas gracias a su capacidad para crear simulaciones dinámicas con deslizadores, secuencias y scripts interactivos [5,9]. Su

interfaz intuitiva permite a docentes diseñar recursos sin necesidad de programación avanzada, lo que lo hace ideal para instituciones con limitaciones tecnológicas [11,30].

Por último, su capacidad de integrarse con plataformas de enseñanza como Moodle, Google Classroom o Microsoft Teams, así como su compatibilidad con estándares web como HTML5, permite a los docentes incorporar estas simulaciones en entornos virtuales de aprendizaje, potenciando tanto la enseñanza presencial como la remota.

2. METODOLOGÍA

DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

A continuación, se explica el proceso de creación de la simulación, iniciando por explicar a detalle cómo se creó la simulación; luego, la construcción de las actividades interactivas; y, por último, una breve explicación de como el usuario puede interactuar con las variables del experimento por medio de la interfaz final de la simulación.

ESCALAS DE MEDICIÓN

Para la creación de las escalas de medición se creó en primer lugar un deslizador o variable dinámica cuya función principal es la de dar movimiento al tambor del tornillo micrométrico. Luego fueron creadas tres listas de segmentos con el objetivo de mostrar las divisiones presentes en la escala principal y el nonio del tambor. Las listas se crearon a partir de el comando ***Secuencia(Expresión, variable, valor inicial, valor final, Incremento)***[31-34], además, en la parte de expresión se agregó el comando ***Segmento(punto, punto)***, donde cada uno de los comandos permitió que los segmentos fueran apareciendo en función de la variable del deslizador de movimiento. El comando general que se utilizó para la creación de las líneas de división fue el siguiente.

Secuencia(Segmento((n, y), (n, y)), n, valor inicial, a, incremento)

Donde *y* hace referencia a las coordenadas verticales de los puntos que conformaban los segmentos, y el valor *a* es el nombre asignado al deslizador de movimiento.

Además de los segmentos se creó una serie de polígonos regulares con el fin de diseñar las secciones de la escala principal y del tambor; para crear los segmentos se hizo necesario definir puntos, las coordenadas de dichos puntos se definieron en función del deslizador de movimiento.

ACOPLAMIENTO DE ELEMENTOS.

El movimiento de todos los componentes depende de un deslizador principal, denominado a , que actúa como variable dinámica. Por ejemplo, la espiga se representó como un polígono definido por cuatro puntos, de los cuales dos se desplazan en función del deslizador: $(-a, h)$ y $(-a, h + 2)$. De esta manera, se garantiza que el desplazamiento horizontal del tambor y de la espiga conserve coherencia con las escalas principales y el nonio.

VISIBILIDAD DE OBJETOS.

Para las actividades, cada objeto de medición (cilindros y tuercas) fue insertado dos veces: una versión como botón interactivo y otra como objeto a medir. A través del scripting de GeoGebra, en la pestaña “Al hacer clic”, se programó la aparición y desaparición de los objetos mediante el comando:

Visibilidad(Objeto, vista, true/false)

Por ejemplo, al seleccionar la primera imagen (usada como botón), esta se oculta y aparece la segunda (el objeto ubicado entre los topes). Este mismo procedimiento se aplicó a todos los objetos, permitiendo un control flexible y coherente de la interfaz.

INTEGRACIÓN DE CASILLAS DE ENTRADA Y RETROALIMENTACIÓN

La simulación incluye una casilla de entrada vinculada a la variable a_1 , en la que el usuario introduce la lectura realizada. Se creó una variable condicional:

a₂ = Si(a₁ == a, true, false)

que permite validar automáticamente la respuesta. A partir de esta condición se diseñaron dos mensajes de retroalimentación inmediata: uno positivo (“Excelente, estás en lo correcto”) y otro de error (“Respuesta incorrecta, revisa nuevamente”), que refuerzan el aprendizaje autónomo.

CREACIÓN DE LAS ACTIVIDADES INTERACTIVAS.

El objetivo de la simulación es hacer que el usuario pueda aprender a leer una medición utilizando el tornillo micrométrico, para ello se crearon dos actividades interactivas:

ACTIVIDAD 1

Esta actividad consiste en que el usuario aprenda de manera interactiva como leer el tornillo micrométrico. Para ello se implementaron objetos para medir cómo un cilindro en diferentes posiciones, y tres tuercas de diferente tamaño, que el usuario puede seleccionar dando clic sobre el objeto. Al seleccionar uno de los objetos, inmediatamente aparece entre los topes. A los segmentos correspondientes a las escalas de medida se le agregó colores distintivos a cada una para diferenciarla; justo debajo del tambor, se logra observar un

texto con tres colores distintos, un color diferente para cada escala de medida que corresponde con los de los segmentos (vea la Figura 3).

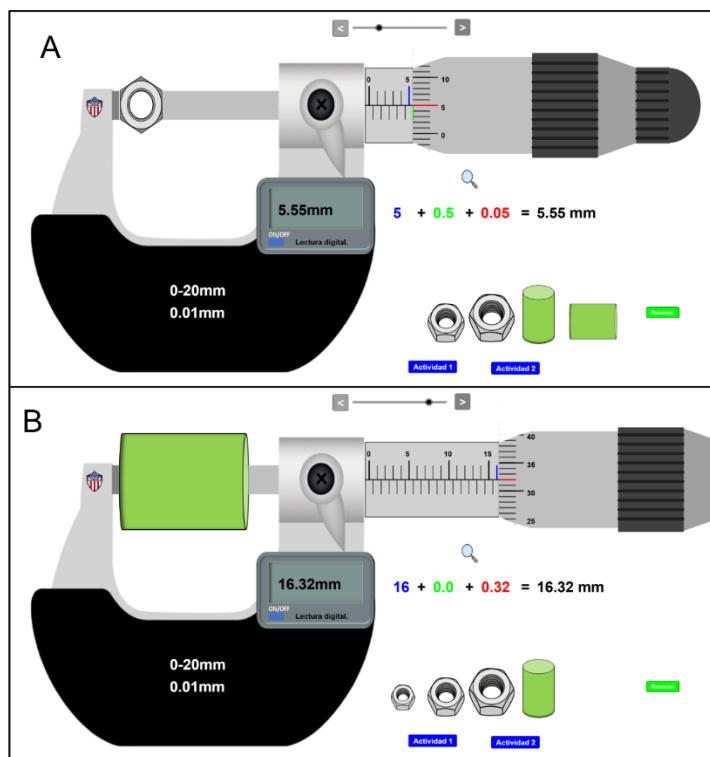


Figura 3. Interfaz de la simulación durante la Actividad 1. En (A), se presenta un objeto metálico con una lectura correcta de 5.55 mm, compuesta por la suma de las escalas del tambor, el manguito y la línea de referencia. En (B), el usuario debe medir un cilindro verde y escribir el valor correspondiente, 16.32 mm, en la casilla de entrada. La retroalimentación inmediata confirma si la respuesta es correcta y visualiza el desglose de la medición, reforzando el aprendizaje autónomo. Nota. Fuente. Autoría propia.

Para facilitar la comprensión del usuario, además de agregar los colores para la diferenciación de las escalas, se agregó una lectura digital con la finalidad de que el usuario tenga conocimiento de la existencia de los micrómetros o palmer digitales.

ACTIVIDAD 2

La segunda actividad de aprendizaje tiene como principal objetivo hacer que el usuario pueda comprobar lo aprendido en la actividad anterior, se le agregó un botón que al darle clic el tornillo micrométrico le muestra al usuario una medida al azar, justo debajo del botón se encuentra una casilla de entrada donde el usuario debe escribir la lectura que realizó, al presionar la tecla *enter* aparece uno de dos textos que confirma la validez de la lectura. (vea la Figura 4).

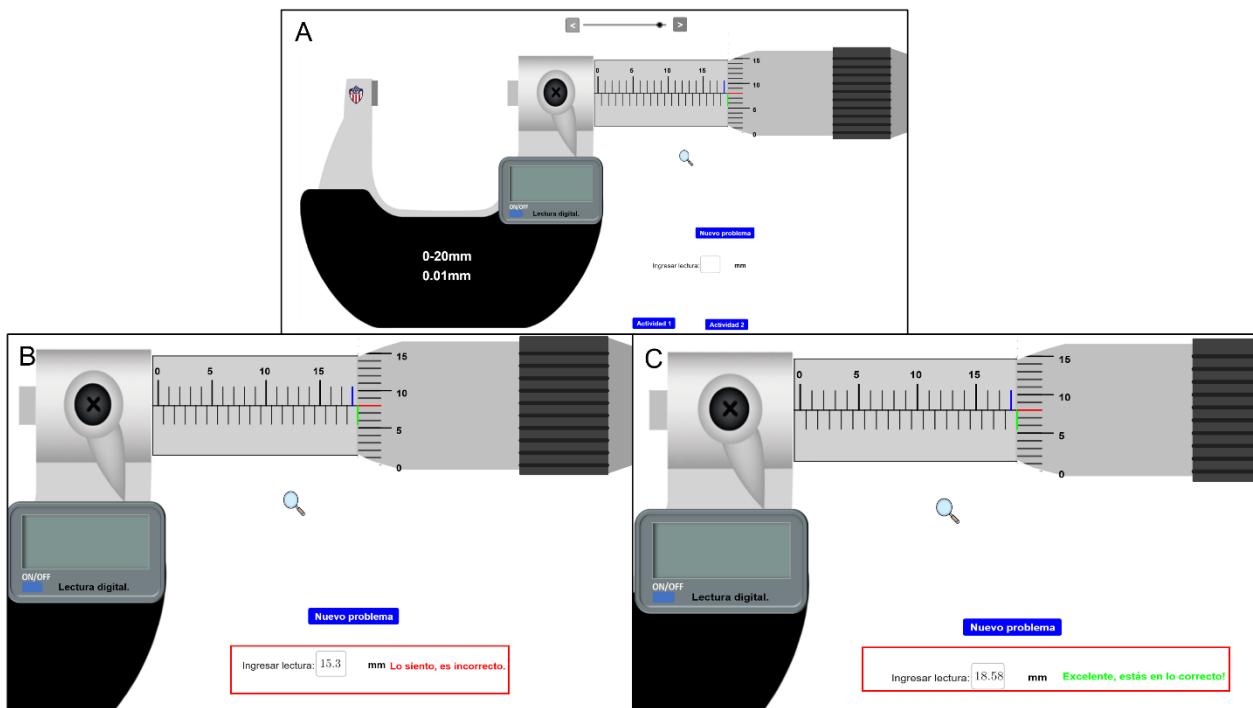


Figura 4. Proceso de evaluación y retroalimentación inmediata en la Actividad 2 de la simulación. En (A), se presenta un nuevo problema con una pieza desconocida y un campo de entrada para registrar la lectura. En (B), el usuario ingresa un valor incorrecto (15.3 mm), generando un mensaje de error que invita a la revisión sin mostrar la respuesta. En (C), al ingresar la lectura correcta (18.58 mm), la simulación confirma el acierto con un mensaje positivo, reforzando el aprendizaje autónomo y la comprensión del uso del tornillo micrométrico. Nota. Fuente. Autoría propia.

INTERFAZ DE LA SIMULACIÓN.

La interfaz interactiva cuenta con botones, deslizadores y recursos visuales con el objetivo de hacer una práctica interactiva e intuitiva, cabe resaltar el diseño del tornillo, puesto que tiene gran similitud con las versiones analógicas que se consiguen en las instituciones educativas. Además, se le agregó una opción de ampliación como se muestra en la lupa de la Figura 5, para que el usuario pueda tomar una mejor lectura de la medida.

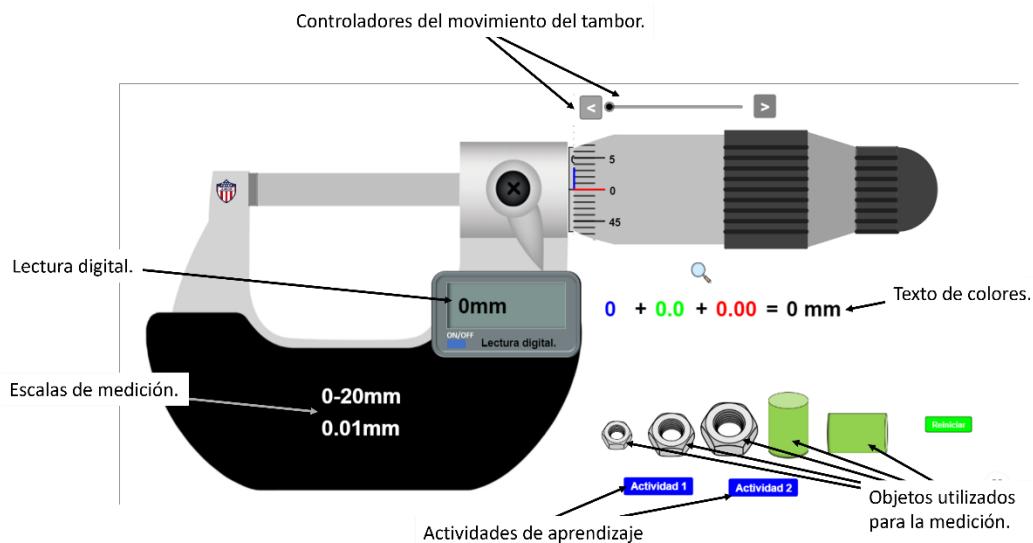


Figura 5: Interfaz de la simulación. Nota. Fuente. Autoría propia

En la figura 3 se muestra a detalle los elementos de la interfaz final de la simulación.

REPLICABILIDAD.

El uso de GeoGebra como entorno de desarrollo garantiza la accesibilidad y replicabilidad de la simulación, dado que se trata de un software libre ampliamente disponible en línea. Además, el simulador está disponible en línea en la página web del proyecto [35], lo que permite a docentes e investigadores no solo utilizarlo directamente, sino también contactar con los autores para resolver inquietudes técnicas o pedagógicas relacionadas con su implementación en diferentes contextos educativos.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para verificar el funcionamiento de la simulación desarrollada, se llevaron a cabo dos actividades diseñadas con fines complementarios: una de reconocimiento guiado del instrumento y otra de evaluación del aprendizaje mediante retroalimentación. En primer lugar, se trabajó con la determinación del volumen de un cilindro, tomando como base las mediciones realizadas con el tornillo micrométrico, también conocido como palmer. Este instrumento permite obtener medidas de alta precisión, como ha sido descrito en trabajos anteriores sobre metrología básica [15,36], y su aplicación resulta ideal para ejercicios de medición como el propuesto en esta simulación.

Actividad 1: Reconocimiento del instrumento y práctica guiada

En esta primera etapa, el objetivo principal es que el usuario se familiarice con las partes del tornillo micrométrico y su funcionamiento dentro del entorno simulado. La interfaz permite la rotación del tambor,

replicando fielmente el comportamiento del instrumento físico. Esta rotación genera automáticamente una medición visible, lo cual facilita una comprensión visual del mecanismo.

El usuario cuenta con **tres apoyos principales para interpretar la lectura** del instrumento:

1. **Lectura digital:** aparece en la parte superior y muestra directamente el valor que representa la medida total.
2. **Sistema de colores explicativo:**
 - **Azul:** indica los milímetros completos en la escala principal del tubo.
 - **Verde:** representa los incrementos de 0.5 mm, ubicados también en la escala del tubo.
 - **Rojo:** muestra el valor correspondiente a la escala del tambor (en centésimas de milímetro).

Estos tres componentes deben sumarse para obtener el valor total de la medición, facilitando así la comprensión del sistema de lectura del instrumento.

Durante esta actividad, el estudiante puede medir distintos objetos, entre ellos **cilindros y tuercas**, que varían ligeramente en forma y tamaño. Esto proporciona una experiencia más realista y cercana a un laboratorio físico. Además, al no requerir precisión inmediata, esta fase permite al usuario experimentar libremente sin la presión de obtener un resultado exacto, reforzando así el aprendizaje conceptual.

Para comprobar el correcto funcionamiento, se determinó el volumen del cilindro, dadas las dos formas de medición por la simulación. El volumen de un cilindro se puede determinar a partir de la ecuación

$$V = \frac{\pi D^2 L}{4} \quad (1)$$

Dónde D y L son el diámetro y la altura del cilindro respectivamente. Se procedió a tomar dichas medidas haciendo uso de la simulación. Haciendo uso de la ecuación 1 se determinó el volumen del cilindro, obteniendo un valor de **824mm³**.

Actividad 2: Evaluación mediante retroalimentación inmediata

La segunda actividad tiene un enfoque más evaluativo. En ella, la simulación genera un problema al azar en el cual se presenta un objeto con una medida específica, y el usuario debe utilizar el tornillo micrométrico

para determinar su tamaño. Luego, debe insertar manualmente el valor obtenido en una casilla de entrada, lo cual representa un paso fundamental en la validación del aprendizaje adquirido.

Una vez ingresado el dato, la simulación genera una retroalimentación inmediata, indicando si el valor introducido es correcto o no. En caso de error, se muestra una sugerencia que orienta al estudiante sin revelar directamente la respuesta, promoviendo la reflexión y la corrección autónoma.

Esta segunda actividad permite comprobar si el usuario ha comprendido cómo interpretar correctamente las tres escalas del tornillo y aplicar ese conocimiento en una situación práctica. La combinación de manipulación interactiva, refuerzo visual y retroalimentación inmediata crea un entorno de aprendizaje efectivo, accesible y replicable.

Observaciones adicionales

Ambas actividades han sido integradas en la página web del semillero de investigación de la Universidad del Atlántico, donde los estudiantes pueden acceder libremente a la simulación [35]. El diseño progresivo —de reconocimiento a aplicación— responde a principios pedagógicos modernos centrados en el aprendizaje activo y significativo, especialmente útiles en contextos donde no siempre se cuenta con acceso a instrumentos físicos reales.

Comparación con plataformas existentes

A diferencia de herramientas ampliamente utilizadas como PhET Interactive Simulations[37], que carecen de un recurso específico para el aprendizaje del tornillo micrométrico, esta simulación en GeoGebra llena un vacío pedagógico en metrología básica. Mientras PhET se centra en fenómenos físicos generales (ej: electricidad, óptica), su enfoque principal no se basa en instrumentación de precisión. Por otro lado, plataformas como Vascak [38] incluyen simulaciones de micrómetros, pero estas presentan restricciones significativas: Acceso restringido, limitando su uso en instituciones públicas. En contraste, la simulación desarrollada ofrece: Gratuidad y acceso abierto, alojada en una página web del semillero de investigación (Disponible en: <https://www.simulabsphysics.com/mechanics/fp69xchq>). Retroalimentación inmediata mediante casillas de entrada y la lectura digital (Figura 5). Personalización de objetos medibles (ej: tuercas, cilindros), replicando escenarios realistas de laboratorio.

4. CONCLUSIONES

- Las simulaciones son una respuesta efectiva ante la carencia de recursos materiales en instituciones educativas. La creación de entornos virtuales como el implementado en la simulación tienen el potencial de suplir la falta de instrumentos físicos, especialmente en contextos de desigualdad educativa. Esto democratiza el acceso a prácticas experimentales fundamentales para la formación técnica y científica.
- GeoGebra se consolida como una herramienta versátil más allá de las matemáticas. Este software, comúnmente usado en clases de álgebra o geometría, demuestra también su utilidad para crear simulaciones precisas de instrumentos científicos, lo que abre nuevas posibilidades para su aplicación en física, tecnología e ingeniería.
- La simulación promueve el aprendizaje autónomo, iterativo y seguro. Los estudiantes pueden practicar tantas veces como deseen, sin temor a dañar un instrumento costoso ni depender del acceso físico a un laboratorio. Esto mejora tanto la retención de conceptos como la seguridad en la ejecución de procedimientos técnicos.
- El diseño interactivo ayuda a potenciar el compromiso del estudiante con el aprendizaje. Elementos como deslizadores, botones y casillas de entrada permiten a los usuarios manipular directamente los parámetros del instrumento simulado, haciendo que el proceso de aprendizaje sea más activo, participativo y significativo.
- Las actividades propuestas no solo enseñan a usar el instrumento, sino que desarrollan competencias cognitivas y procedimentales. Las tareas diseñadas en la simulación van más allá de la manipulación mecánica: exigen observación, interpretación de escalas, análisis de resultados y comparación con prácticas tradicionales, fortaleciendo así el pensamiento crítico.
- El uso de simulaciones se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Específicamente con el ODS 4: Educación de calidad, al proponer un recurso que facilita la inclusión, equidad y calidad en los procesos educativos mediante tecnologías abiertas.
- El enfoque STEM se ve fortalecido con el uso de estas simulaciones. El proyecto integra ciencia (lectura e interpretación del instrumento), tecnología (uso del software), ingeniería (comprensión de un mecanismo de precisión) y matemáticas (lectura de escalas y fracciones), lo que demuestra el potencial de la simulación como herramienta transversal.
- La simulación permite reducir errores sistemáticos comunes en la lectura del instrumento. Gracias al entorno visual y repetible, el estudiante tiene la posibilidad de entrenar su precisión en la lectura de medidas, lo cual resulta difícil de lograr en contextos con limitación de tiempo o acceso en los laboratorios reales.

REFERENCIAS

1. SHAND, S. J. A recording micrometer for geometrical rock analysis. *The Journal of Geology*, 1916, vol. 24, no 4, p. 394-404. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/622346>
2. LISTE, Rafael Losada. GeoGebra: La eficiencia de la intuición. *La Gaceta de la RSME*, 2008, vol. 10, no 1, p. 223-239. https://geogebra.es/~ms/pub/la_eficiencia_de_la_intuicion.pdf
3. Rincón, O. I. C., Castellanos, L. A. M., & Villa, J. J. B. (2019). Importancia de la medición y evaluación de la usabilidad de un objeto virtual de aprendizaje. *Panorama*, 13(25), 23-37. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v13i25.1264>
4. karam, J., Linares, L., Moreno, A., Mejía, F., Plazas, A. & Castillo, C. (2019). Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Educación con Enfoque en América Latina. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía*, 3(4), 89-106. doi:<http://dx.doi.org/10.15658/rev.electron.educ.pedagog19.03030406>
5. Solvang, L. (2021). Educational technology for visualisation in upper secondary physics education: The case of GeoGebra. (Doctoral dissertation, Karlstads universitet). <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1615331&dswid=-6255>
6. Ziatdinov, R., & Valles Jr, J. R. (2022). Synthesis of modeling, visualization, and programming in GeoGebra as an effective approach for teaching and learning STEM topics. *Mathematics*, 10(3), 398. <https://doi.org/10.3390/math10030398>
7. Arymbekov, B. S., Turekhanova, K. M., Alipbayev, D. D., Tursanova, E. R., & Suprapto, N. (2023). The effect of using geogebra software for augmented reality visualization to teach physics in high school. *Farabi Journal of Social Sciences*, 9(2), 46-71. <https://doi.org/10.26577/FJSS.2023.v9.i2.06>
8. Çıldır, S., & Şen, A. İ. (2023). Investigation of the GeoGebra-supported teaching material development process of pre-service physics teachers. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 90-106. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.1126834>
9. Solvang, L., & Haglund, J. (2021). How can GeoGebra support physics education in upper-secondary school—a review. *Physics Education*, 56(5), 055011. 10.1088/1361-6552/ac03fb
10. UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
11. García-Lázaro, D., & Martín-Nieto, R. (2023). Mathematical and digital competence of future teachers using GeoGebra application. *Alteridad: Revista de Educación*, 18(1). <https://doi.org/10.17163/alt.v18n1.2023.07>

12. Chávez, J. A. M., Mejía, J. N., Huayanay, H. V. T., Rojas, D. E. T., Torres, R. J. B., & Gonzales, C. H. C. (2025). Simulation of magnetic field produced by induction in toroid and solenoid using GeoGebra software. Journal of Posthumanism, 5(2), 85-104.
<https://doi.org/10.63332/joph.v5i2.406>
13. Guamán, A. V. R., Cumbicos, K. M. C., Palacios, H. F. M., & Peralta, S. R. T. (2023). El uso de simuladores en línea para la enseñanza de la física: una herramienta educativa efectiva. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, 7(3), 1488-1496.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6291
14. BROOKS, Randall C. Origins, usage and production of screws: An historical perspective. History and Technology, an International Journal, 1991, vol. 8, no 1, p. 51-76.
<https://doi.org/10.1080/07341519108581789>
15. BELÉNDEZ, Augusto, et al. Prácticas de Física: Medición de longitudes. Palmer y pie de rey. Fundamentos Físicos, 1989. <http://hdl.handle.net/10045/13667>
16. FLACK, David. Callipers and micrometers. 2014.
<http://eprintspublications.npl.co.uk/id/eprint/2043>
17. Beléndez, A., Alvarez, M. L., Beléndez, T., Bleda, S., Campo Bagatin, A., Durá Domenech, A., ... & Yebra Calleja, M. S. (2010). Medida de longitudes con el palmer. Fundamentos Físicos de la Ingeniería. <http://hdl.handle.net/10045/13872>
18. Picker, Katharina M. The automatic micrometer screw. European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics, 2000, vol. 49, no 2, p. 171-176. [https://doi.org/10.1016/S0939-6411\(99\)00072-7](https://doi.org/10.1016/S0939-6411(99)00072-7)
19. Magana, A. J. (2024). Teaching and learning in STEM with computation, modeling, and simulation practices: A guide for practitioners and researchers (p. 158). Purdue University Press.
<https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/94231>
20. Khaeruddin, K., & Bancong, H. (2022). STEM education through PhET simulations: An effort to enhance students' critical thinking skills. Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni, 11(2), 34-45.
<https://eprints.unm.ac.id/27587/>
21. Gutiérrez Araujo, R. E. Castillo Bracho, L. A. (2019). Simuladores com o software GeoGebra como objetos de aprendizagem para o ensino da Física. Revista Tecné, Episteme y Didaxis: ted, (47), 201-216. <https://doi.org/10.17227/ted.num47-11336>
22. Magana, A. J., Arigye, J., Udosen, A., Lyon, J. A., Joshi, P., & Pienaar, E. (2024). Scaffolded team-based computational modeling and simulation projects for promoting representational competence

- and regulatory skills. International Journal of STEM Education, 11(1), 34. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-024-00494-3>
23. Martínez-Novoa, A. M. (2025). Contribuciones a la reflexión sobre la realidad en el proceso de modelación matemática. Tecné, Episteme y Didaxis: ted, (57), 121-137. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20051>
24. Useche-Arciniegas, V. J., Rodríguez-Pineda, D. P. y Adúriz-Bravo, A. (2025). Metamodelización en un aula de física universitaria: visiones del estudiantado sobre los modos de los científicos. Tecné, Episteme y Didaxis: ted, (57), 11 - 31. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20151>
25. Arteaga Valdés, E., Medina Mendieta, J. F., & del Sol Martínez, J. L. (2019). El Geogebra: una herramienta tecnológica para aprender Matemática en la Secundaria Básica haciendo matemática. Conrado, 15(70), 102-108. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442019000500102&script=sci_arttext&tlang=pt
26. Alvarez-Matute, J. F., Garcia-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, C. A., & Erazo-Álvarez, J. C. (2020). GeoGebra como estrategia de enseñanza de la Matemática. Episteme Koinonia, 3(6), 211-230. <https://doi.org/10.35381/e.k.v3i6.827>
27. Povea, E. (2020). Resolución de problemas matemáticos en GeoGebra. Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo, 9(1), 26-42. <https://doi.org/10.23925/2237-9657.2020.v9i1p26-42>
28. Hohenwarter, M., & Hohenwarter, M. (2002). GeoGebra. Available on-line at <http://www.geogebra.org/cms/en>.
29. Escalante-Martínez, J. E., et al. (2016). Análisis del coeficiente de amortiguamiento viscoso en un sistema masa-resorte-amortiguador utilizando PPLANE y GEOGEBRA. Revista mexicana de física E, 62(2), 66-72. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-35422016000200066&script=sci_arttext
30. Chacón, F. Y. C., Fernández, F. E. B., Ferrer, L. R. G., & Mendocilla, W. E. C. (2021). Geogebra: herramienta tecnológica para el aprendizaje significativo de las matemáticas en universitarios. Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación, 5(18), 382-390. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v5i18.181>
31. PRIETO, Juan Luis; BUITRAGO, José Ortiz. Saberes necesarios para la gestión del trabajo matemático en la elaboración de simuladores con GeoGebra. Boletim de Educação Matemática, 2019, vol. 33, p. 1276-1304. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n65a15>

32. CASTILLO, Luis Andrés; PRIETO, Juan Luis. El uso de comandos y guiones en la elaboración de simuladores con GeoGebra. UNIÓN - Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 2018, vol. 14, no 52. <https://www.revistaunion.org/index.php/UNION/article/view/358>
33. CAMACHO-MENDOZA, Luis J., Francisco J. RACEDO-NIEBLES. Dynamic Simulation of Snell's and Malus's Laws. Óptica Pura y Aplicada, 2022, vol. 55, no 3. 10.7149/OPA.55.3.51079
34. F. A. J. Duque, S. V. Duarte and F. J. R. Niebles, "Computational Thinking Through a Dynamic Simulation of the Electron Charge-Mass Ratio," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, vol. 20, pp. 191-199, 2025, doi: 10.1109/RITA.2025.3593422.
35. Simulabs Physics. (s.f.). Simulación de física: mecánica. <https://www.simulabspysics.com/mechanics/fp69xchq>
36. Miret, J. J., Espinosa, J., Caballero, M. T., & Pérez Rodríguez, J. Medidas de longitud: pie de rey, tornillo y microscopio. Física. (2010). <http://hdl.handle.net/10045/16561>
37. PhET Interactive Simulations. (s.f.). Simulaciones de física (HTML5). University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu/es/simulations/filter?subjects=physics&type=html>
38. Vascak.cz. (s.f.). Micrómetro. https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=mech_mikrometr&l=es