www.ducere.cl - ISSN: 2735-668X
https://doi.org/10.61303/2735668X.v1i1.20

Desarrollo de tareas de Matemáticas de alta demanda cognitiva con simuladores robóticos

Developing high demand cognitive mathematics tasks with robotic simulators

Agostinho Iaqchan Ryokiti Homa
Universidade Luterana do Brasil
iaqchan@hotmail.com
orcid.org/0000-0002-5771-1319

Resumen: Se considera que las tecnologías potencian el aprendizaje matemático, pero la constante actualización de las tecnologías dificulta que los docentes actualicen sus conocimientos. El grupo de Estudios Curriculares en Educación Matemática (GECEM), vinculado al Programa de Posgrado en Enseñanza de Ciencias y Matemáticas (PPGECIM), de la Universidad Luterana de Brasil (ULBRA), en Canoas, en el estado de Rio Grande do Sul, Brasil, desarrolla simuladores de aprendizaje para ayudar a los profesores en su práctica en el aula con tareas de matemáticas de alto nivel de demanda cognitiva. Los simuladores de brazos robóticos se presentan como objetos de aprendizaje con ventajas sobre los reales porque son menos costosos, no requieren ajustes mecánicos, no se rompen, no necesitan ser transportados, siendo excelentes para actividades en el aula o en línea.

Palabras clave: Educación Matemática, tareas Matemáticas, simuladores de aprendizaje, robótica educacional.

Abstract: It is considered that technologies enhance mathematical learning, but the constant updating of technologies makes it difficult for teachers to update their knowledge. The group of Estudios Curriculares en Educación Mathematics (GECEM) linked to the Postgraduate Program in Teaching Science and Mathematics (PPGECIM), of the Lutheran University of Brazil (ULBRA), in Canoas, in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, develops learning simulators to support teachers in their classroom practice with mathematical tasks with high cognitive demands. Robotic arm simulators are presented as learning objects with advantages over the real ones because they are less expensive, do not require mechanical adjustments, do not break, do not need to be transported, being great for classroom or online activities.

Keywords: Mathematics education, Mathematical tasks, learning simulators, educational robotics.

Introducción

Las tecnologías se presentan como aliadas del proceso de enseñanza-aprendizaje, apoyando las clases de los docentes, además de ser un instrumento exploratorio de situaciones problema, potenciando el aprendizaje de los estudiantes. De esta manera, la tecnología, cuando se integra a las actividades del aula, puede ayudar al estudiante a realizar una tarea matemática o ser la tarea misma.

En este contexto, el trabajo presenta un extracto de los resultados de la investigación desarrollada en el grupo de Estudios Curriculares en Educación Matemática (GECEM), en el desarrollo de tareas matemáticas con simuladores robóticos.

Recibido: 17 de Diciembre de 2021
Aceptado: 24 de Marzo de 2022

Tareas Matemáticas

Una tarea de matemáticas se define como una parte de una actividad de lección que tiene como objetivo desarrollar un determinado concepto o contenido matemático (Smith y Stein, 1998). Esta tarea matemática puede clasificarse como buena cuando tiene el potencial de involucrar al estudiante en altos niveles de pensamiento cognitivo y razonamiento lógico. De esta forma, una tarea rutinaria no es una tarea matemática, si bien no es una tarea para un alumno de un curso escolar determinado, puede serlo para otro alumno de un curso escolar anterior, porque hay que tener en cuenta la edad, el curso escolar y los conocimientos previos (Smith y Stein, 1998).

Para el profesor las tareas[1] son un medio para lograr los objetivos de enseñanza y, como están muy presentes en las clases de Matemáticas, el profesor debe tener cuidado con su selección o elaboración. Muchos profesores acaban utilizando únicamente los problemas y ejercicios propuestos por los libros de texto y presentando un "ejercicio modelo" seguido de las actividades a realizar, haciendo del aprendizaje un proceso mecánico por repetición (Cyrino y Jesus, 2014).

Debido a la importancia de las tareas en el proceso de enseñanza y aprendizaje, el docente debe tener claro que estas tareas son más abiertas que el contenido que se movilizará para realizarlas, debo revisar las formas de implementarlas con el fin de centrar la atención de dos estudiantes acerca de una cierta idea matemática (Stein, Smith, Henningsen, y Silver, 2000), porque implican procesos cognitivos relacionados con la comprensión, el establecimiento de estrategias, procedimientos y la validación (Cyrino y Jesus, 2014).

De acuerdo con Stein y Smith (1998), las tareas matemáticas se pueden considerar en dos categorías, aquellas con un bajo nivel de demanda cognitiva, que requieren que los estudiantes memoricen de manera rutinaria procedimientos que conducen a un tipo de oportunidad para que el estudiante piense; y el alto nivel de demanda cognitiva, que requiere que los estudiantes piensen conceptualmente y los anime a hacer conexiones que conducen a un conjunto diferente de oportunidades para que los estudiantes piensen. Es importante señalar que cada nivel se subdivide en dos, generando un total de cuatro subcategorías: Memorización; Procedimientos sin conexiones con conceptos o significado; Procedimientos con conexiones a conceptos y significado; Hacer matemáticas.

Entendiendo los diferentes niveles de demanda cognitiva, el docente puede seleccionar o planificar las tareas que cumplan con los objetivos didácticos. Es importante tener en cuenta que la selección de tareas de alto nivel no conduce necesariamente a la participación de los estudiantes en formas complejas de razonamiento (Cyrino y Jesus, 2014), porque la forma en que se realiza la tarea en el aula puede cambiar el nivel de demanda cognitiva.

[1] A lo largo del texto, "tareas" se refiere a tareas matemáticas.

A pesar de que se desarrollen tareas de alto nivel cognitivo, que proporcionen situaciones que requieran pensamientos complejos y no algorítmicos (hacer matemáticas) o procedimientos que desarrollen el nivel de comprensión de conceptos matemáticos (procedimientos con conexiones a conceptos y significado), es necesario entender que estas tareas se definen de acuerdo con las expectativas de los estudiantes de involucrarse con la tarea, pero que pueden no ocurrir en el aula.

Por eso es fundamental que el profesor, en tareas con un alto nivel de demanda cognitiva, dé tiempo suficiente para la ejecución de la tarea y no las simplifique, eliminando los aspectos desafiantes de las tareas para los alumnos, así como no dando las respuestas o caminos a seguir por los estudiantes (Stein *et al.*, 2000).

Simuladores de aprendizaje

Buscando apoyar a los docentes en su práctica de aula con tareas matemáticas por medio de actividades investigativas, el Grupo de Estudios Curriculares en Educación Matemática (GECEM) viene trabajando en el desarrollo de simuladores tridimensionales. Investigaciones (Demo, 2011; Mishra y Koehler, 2006; Niess y Gillow-Wiles, 2017; Ronau, Rakes, y Niess, 2011) muestran que algunas de las razones para no utilizar las tecnologías en el aula son la falta de preparación del docente en su uso, la precariedad de los laboratorios y la falta de conectividad. Se entiende que la formación de los docentes frente a las constantes actualizaciones tecnológicas hace sin gloria la lucha de los docentes por mantenerse actualizados.

En este contexto, los esfuerzos del GECEM en el desarrollo de materiales didácticos tienen la prerrogativa de relevar a los docentes en su formación técnica y específica de tecnologías como la programación. GECEM categoriza sus objetos educativos como Juegos Didácticos o Simuladores para el Aprendizaje, subdividiéndose en Simuladores Matemáticos y Simuladores de Realidad.

Los simuladores matemáticos pueden ser numéricos o analíticos. En los simuladores numéricos, los resultados numéricos se observan mediante los modelos matemáticos utilizados. En los simuladores analíticos se utilizan modelos matemáticos en los que se observa el comportamiento de una determinada característica de interés. Los simuladores GECEM son un caso particular de simuladores matemáticos analíticos que utilizan la representación gráfica de ciertas características de un objeto matemático, lo que permite al estudiante realizar interacciones exploratorias buscando identificar patrones de comportamiento, formular conjeturas y ponerlas a prueba, llevándolo a generalizaciones y comprensión de conceptos.

Los simuladores de realidad representan un entorno o modelo que se basa en algún comportamiento de la realidad, o fenómeno científico o natural (D'Angelo *et al.*, 2014; Psotka, 2013), son comúnmente utilizados en los procedimientos de aprendizaje, es decir, para que el aprendiz pueda realizar tareas bien definidas de manera adecuada, por lo que los simuladores representan un entorno en el que, durante el aprendizaje, un error puede derivar en un accidente con perjuicios físicos o económicos.

Para el GECEM se utilizan simuladores de realidad para contextualizar, aplicar o comprender conceptos y contenidos matemáticos. Los principales puntos de interés son el uso de simuladores para representar fenómenos físicos controlados, que no ofrezcan riesgos físicos a los alumnos ni daños en los equipos representados virtualmente.

Este artículo presenta propuestas de tareas con un alto nivel de demanda cognitiva utilizando simuladores de brazo robótico para profundizar en el conocimiento de la geometría espacial, la trigonometría, las relaciones trigonométricas y sus inversas. Las actividades con simuladores consideran que la abstracción, el razonamiento y la lógica son esenciales para el aprendizaje matemático, y valoran más la comprensión que el proceso algorítmico, haciendo uso de las imágenes como soporte del pensamiento matemático, brindando un entorno experimental interactivo que permite a los estudiantes observar, realizar y probar sus conjeturas, llevándolos a reflexionar para generalizar propiedades y conceptos abstractos (Homa, 2019b).

La posibilidad de que el estudiante observe lo que sucede después de sus interacciones, identificando patrones y comportamientos, potencia el desarrollo de la habilidad de visualización. Se entiende que la visualización es una forma de organizar el pensamiento, apoyando la comprensión de los conceptos matemáticos (Homa, 2019a), lo que ha sido abordado en investigaciones que trae como agenda de discusiones, una enseñanza que valora la construcción de conceptos en detrimento de los procesos algorítmicos. La investigación pertinente a visualización, habilidad espacial e imagen mental en la educación matemática se basa en estudios de psicología cognitiva que tienen en cuenta aspectos del pensamiento visual en el aprendizaje matemático, en el campo de la didáctica de las matemáticas, la semiótica y las perspectivas socioculturales (Flores, Wagner, y Buratto, 2012).

El término visualización se interpreta de manera diferente según su contexto en psicología, matemáticas o educación matemática. De acuerdo con Gutiérrez (1996), para los educadores de matemáticas la imagen mental es la representación de un concepto o propiedad matemática que contiene información basada en elementos pictóricos, gráficos o esquemáticos, y la visualización, o pensamiento visual, es el tipo de razonamiento basado en el uso de imágenes mentales, porque se utilizan dibujos, figuras, diagramas, representaciones informáticas como parte de las actividades diarias en las aulas, por lo que para los profesores de matemáticas, la imagen mental y las representaciones externas tienen que interactuar para una mejor comprensión y solución de la situación problema.

Gutiérrez (1996) explica que para la educación matemática, la visualización es una acción mental en la que las imágenes mentales están involucradas en los dos procesos de visualización, la interpretación de la información para crear imágenes mentales y la interpretación de la imagen mental para generar información, siendo el segundo:

observación y análisis de imágenes mentales; transformación de imágenes mentales en otras imágenes; y transformar las imágenes en otro tipo de información.

Como uno de los conocimientos fundamentales aplicados en los brazos robóticos es la comprensión de los movimientos en el espacio, en este caso las rotaciones, se plantean situaciones en las que los alumnos deben comandar los brazos robóticos dando información angular, siendo necesario que el alumno conozca trigonometría, relaciones trigonométricas y sus inversas para resolver problemas de movimiento robótico.

En esta categoría de problemas, las habilidades espaciales se desarrollan por medio de la observación y predicción de los movimientos que realizarán los brazos robóticos virtuales. Para Lohman (1996) la habilidad espacial es aquella capaz de generar, retener, recuperar y transformar imágenes visuales.

A pesar de reproducir un modelo o entorno de aprendizaje funcionando como un sistema que imita circunstancias reales, los simuladores tienen la ventaja educativa de la posibilidad de adoptar diferentes grados de realidad, reproduciendo parte de los fenómenos del entorno real, reduciendo la complejidad del fenómeno y permitiendo su uso en la educación.

Investigadores (Stohlmann, Moore, y Roehrig, 2012; Wu y Anderson, 2015) apuntan a la robótica y los simuladores como un instrumento adecuado para la educación STEM, involucrando Matemáticas e Ingeniería. GECEM considera los simuladores como una posibilidad de aprendizaje en un contexto que simula la realidad con un tema de interés, la robótica, permitiendo que los estudiantes tengan contacto con ella. La ventaja de trabajar con robots educativos virtuales con diferentes grados de realidad radica en la simplificación de las actividades a realizar, permitiendo la exploración de situaciones específicas con conceptos matemáticos aplicados en Ingeniería.

El objetivo educativo definido para los simuladores robóticos es la conversión de la representación rectangular a polar en el espacio, aplicando los conocimientos de trigonometría, además de repasar las relaciones trigonométricas, prestando atención a los ángulos suplementarios en la determinación de los ángulos por operaciones inversas de las relaciones trigonométricas. Presentamos las propuestas de tareas matemáticas con un alto nivel de exigencia cognitiva.

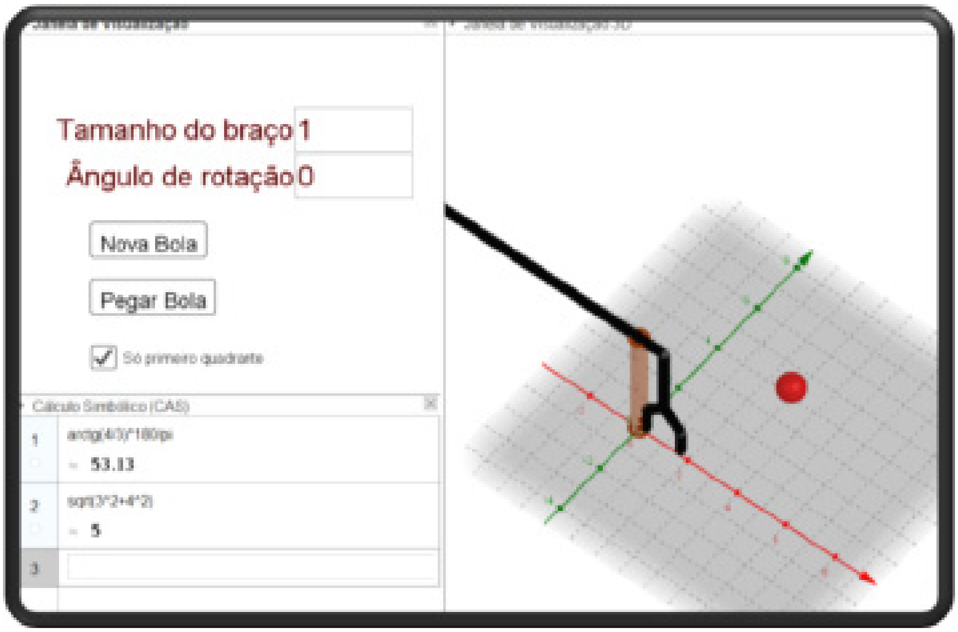
Simulador Robótico 1

El correcto desarrollo de una tarea matemática requiere el levantamiento e identificación del nivel de exigencia cognitiva que el estudiante empleará en la actividad propuesta (Smith y Stein, 1998) y la claridad de las acciones del docente en el aula.

Para el simulador Brazo Robótico 1 (Figura 1) es necesario que el alumno sepa calcular la hipotenusa del triángulo rectángulo, las relaciones trigonométricas, sus inversas y la conversión de radianes a grados. Solo con la imagen del brazo robótico el profesor pregunta: “¿Cómo hacer que el robot atrape la pelota roja?”.

Figura 1

Figura del objeto educativo Brazo Robótico 1



Fuente: GECEM.

En las aplicaciones de validación del objeto de aprendizaje se encontró que la mayoría de las respuestas se basan en informar al robot de las coordenadas rectangulares, esto se atribuye a que la bola se encuentra posicionada en el cartesiano rectangular. El docente debe conducir la actividad, guiando a los estudiantes, mediante indagaciones, a ver que el brazo robótico se mueve por rotación y extensión, requiriendo la conversión de la coordenada rectangular en comandos adecuados para la operación del robot.

Luego de las reflexiones, el docente debe presentar el objeto de aprendizaje para que los estudiantes investiguen su funcionamiento realizando intentos de atrapar la pelota, brindando los valores de extensión y rotación del brazo. Cuando identifican que los valores aproximados no funcionan, el docente debe mostrar la necesidad de valores precisos para que el robot pueda realizar la tarea, sin decir qué conocimientos se deben movilizar, y queda en los estudiantes explorar los diferentes vistas del brazo en movimiento durante sus intentos, hasta que identifiquen que las coordenadas y la distancia de la pelota a la base forman un triángulo rectángulo.

Para la situación presentada en la Figura 1, el brazo debe extender la distancia desde la base hasta la pelota, es decir, la diagonal del triángulo rectángulo con lados menores de tamaño 3u y 4u, para que el estudiante resuelva usando el Teorema de Pitágoras tal que la distancia está dada por:

$$d=\sqrt{y^2+x^2}=\sqrt{3^2+4^2}=\sqrt{25}=5$$

Para calcular el ángulo de giro el alumno debe conocer las relaciones trigonométricas, sus inversas y utilizar la calculadora:

$$\operatorname{sen}\theta=\frac{y}{d}\qquad \cos\theta=\frac{x}{d}\qquad \tan\theta=\frac{y}{x}$$

$$\theta=\operatorname{arcsen}\left(\frac{y}{d}\right)\qquad \theta=\operatorname{arccos}\left(\frac{x}{d}\right)\qquad \theta=\operatorname{arctan}\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$\theta=\operatorname{arcsen}\left(\frac{4}{5}\right)\qquad \theta=\operatorname{arccos}\left(\frac{3}{5}\right)\qquad \theta=\operatorname{arctan}\left(\frac{4}{3}\right)$$

$$\theta=0.927295218\ rad\qquad \theta=0.927295218\ rad\qquad \theta=0.927295218\ rad$$

$$\theta=53.13^\circ\qquad \theta=53.13^\circ\qquad \theta=53.13^\circ$$

Es oportuno mencionar que GeoGebra cuenta con un Sistema Computarizado de Álgebra (CAS) integrado, el que es una poderosa herramienta para los cálculos algebraicos y numéricos que le permite al estudiante explorar las situaciones que se le presentan sin que los cálculos y el álgebra sean un problema, pudiendo así prestar atención a las conceptos involucrados. Si el estudiante usa el CAS de GeoGebra, debe convertir los resultados de los inversos trigonométricos de radianes a grados.

La actividad puede entonces avanzar colocando la pelota no solo en el primer cuadrante, para ello, al desmarcar la casilla "Solo primer cuadrante", el simulador coloca aleatoriamente la pelota en cualquiera de los 4 cuadrantes. Esto requiere atención por parte del estudiante en el uso de las relaciones trigonométricas inversas, pues para el uso del arcoseno, arcocoseno y arcotangente se deben considerar los ángulos suplementarios.

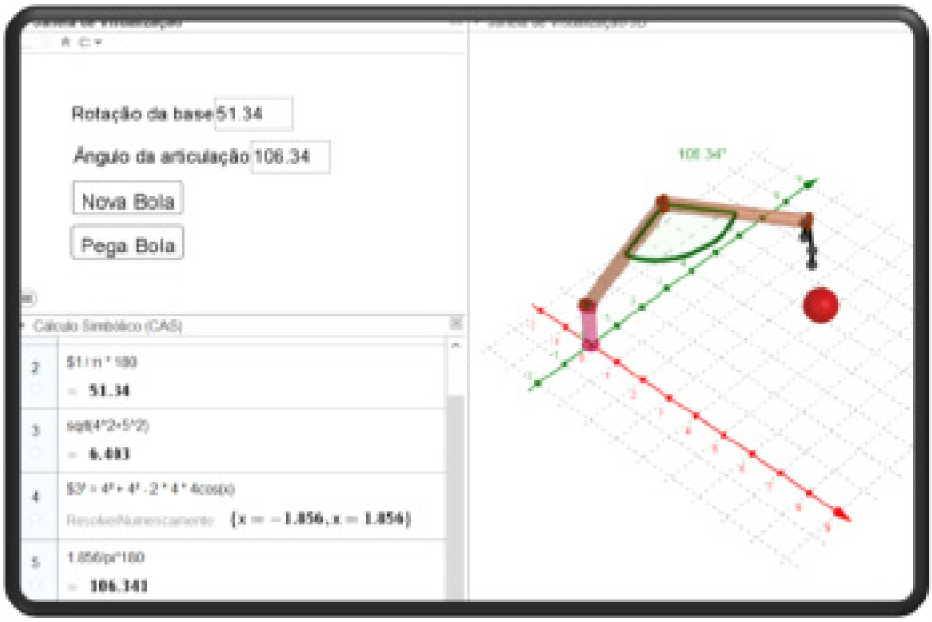
Las simplificaciones adoptadas en este simulador son: las coordenadas de la pelota son con valores enteros; el brazo robótico tiene 2 grados de libertad, uno lineal y otro angular; el área de colocación de la pelota está restringida a la región cuadrada de 20 × 20 con la base del brazo en su centro. Considerando que la circunferencia de radio 10, definida por el alcance del brazo extendido al máximo, la pelota puede quedar fuera de alcance, dando lugar a situaciones en las que no basta un cálculo de hipotenusa, sino un análisis de la situación que se presenta, en el que la pelota está fuera de alcance.

Simulador Robótico 2

La tarea con el simulador 2 (Figura 2) sigue las mismas pautas que en el simulador 1, y el profesor no debe dar pistas de cómo resolverla. La única información extra, si se solicita, son las dimensiones de los segmentos del brazo robótico, que son 4 unidades, pero esto puede ser observado por los estudiantes al explorar el objeto de aprendizaje, cuando se informa un ángulo de rotación de 0° y una apertura de 180°.

Figura 2

Figura del objeto didáctico Brazo Robótico 2



Fuente: GECEM.

Se simplificó el simulador de brazo robótico 2, requiriendo solo los comandos de rotación en relación con la base y el ángulo de apertura entre los segmentos del brazo. El ángulo de la garra y el ángulo de inclinación del brazo con relación a la base son controlados por el robot, manteniendo la garra perpendicular al plano XY y limitando la inclinación del brazo para que la garra esté siempre posicionada a la altura de atrapar la pelota.

El ángulo de giro se obtiene de forma similar al simulador robótico 1, pudiendo utilizarse cualquiera de las relaciones trigonométricas. En el ejemplo (Figura 2), para la pelota en la coordenada (4,5), la distancia de la pelota a la base y el ángulo de rotación están dados por:

$$d=\sqrt{y^2+x^2}=\sqrt{4^2+5^2}=\sqrt{41}=6.403124$$

$$\begin{array}{ccc}
\operatorname{sen}\theta=\dfrac{y}{d} & \cos\theta=\dfrac{x}{d} & \tan\theta=\dfrac{y}{x} \\
\theta=\operatorname{arcsen}\left(\dfrac{y}{d}\right) & \theta=\arccos\left(\dfrac{x}{d}\right) & \theta=\arctan\left(\dfrac{y}{x}\right) \\
\theta=\operatorname{arcsen}\left(\dfrac{5}{6.4031}\right) & \theta=\arccos\left(\dfrac{4}{6.4031}\right) & \theta=\arctan\left(\dfrac{5}{4}\right) \\
\theta=0.89605538\ rad & \theta=0.89605538\ rad & \theta=0.89605538\ rad \\
\theta=51.34^{\circ} & \theta=51.34^{\circ} & \theta=51.34^{\circ}
\end{array}$$

Para calcular el ángulo de apertura se debe fomentar la observación en diferentes ángulos, con el fin de identificar que en la posición de atrapar la pelota se forma un triángulo isósceles (Figura 3). Los estudiantes pueden usar la ley de los cosenos para calcular el ángulo opuesto a la base del triángulo dado por la distancia desde la base hasta la pelota. Para los segmentos de brazo 4u tenemos:

$$6.403124^2 = 4^2 + 4^2 - 2 \, . \, 4 \, . \, 4\cos(\theta)$$

$$\theta = \arccos\left(-\frac{9}{32}\right) = 1.85569 \text{ rad} = 106.33^\circ$$

Si los estudiantes no tienen este conocimiento previo, el maestro debe guiar a los estudiantes a descomponer el triángulo isósceles en dos triángulos rectángulos. De esta forma el ángulo α será la mitad del ángulo de apertura θ. Así, el cálculo del ángulo de apertura viene dado por:

$$\text{cateto opuesto} = 3.2015$$

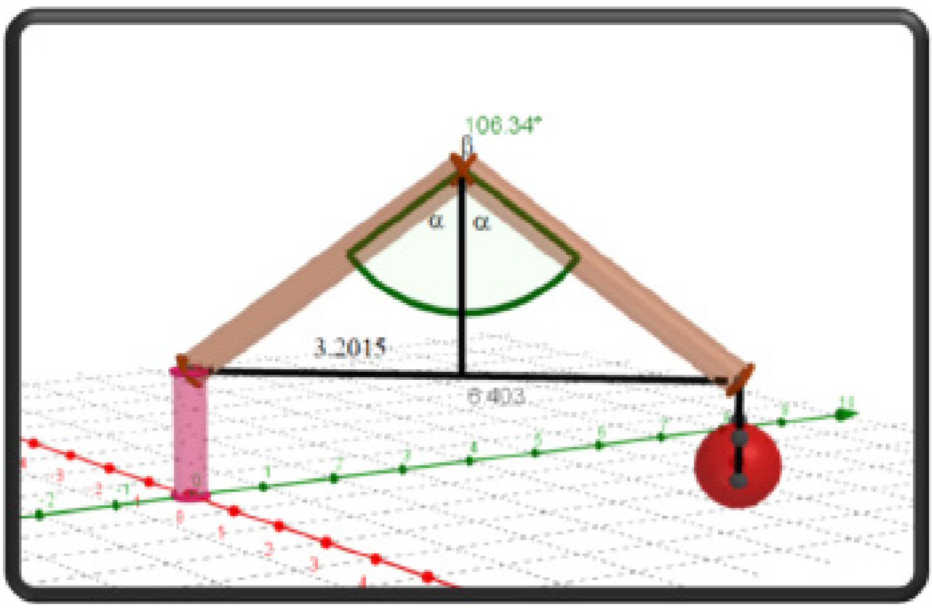
$$\text{hipotenusa} = 4$$

$$\text{sen}(\alpha) = \frac{\text{cat op}}{\text{hip}} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{3.2015}{4}\right) = 53.16$$

$$\theta = 2\alpha \Rightarrow \theta = 106.33^\circ$$

Figura 3

Figura del objeto didáctico Brazo Robótico 2



Fuente: GECEM.

Conclusión

Los simuladores de brazos robóticos, en comparación con los robots reales, tienen ventajas, ya que no se rompen, no necesitan ser transportados, no requieren configuración ni ajustes mecánicos, siendo una alternativa menos costosa y de menor complejidad, logrando que el estudiante se concentre en el objeto de estudio, se puede utilizar en laboratorios de computación, en clases presenciales o como actividades remotas en línea.

Es fundamental que el docente realice un relevamiento de los conocimientos previos de los alumnos para que las tareas sean efectivamente de un alto nivel de exigencia cognitiva, ya que si el docente repasa los conceptos de trigonometría y luego de presentar la actividad, los alumnos identificarán qué debe ser utilizado, poniendo fin a todo el proceso de investigación y relación de conocimiento.

Referencias

Cyrino, M. C. de C. T., y Jesus, C. C. de (2014). Análise de tarefas matemáticas em uma proposta de formação continuada de professoras que ensinam matemática. *Ciência & Educação (Bauru)*, *20*(3), 751-764. https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300015

D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., y Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM Learning : Systematic Review and Meta-Analysis*. Melo Park, CA: SRI Education.

Demo, P. (2011). Olhar do educador e novas tecnologias. *Senac: A R. Educ. Prof*, *37*(2), 15-26. Retrieved from http://pedrodemo.sites.uol.com.br

Flores, C. R., Wagner, D. R., y Buratto, I. C. F. (2012). Pesquisa em visualização na educação matemática : conceitos, tendências e perspectivas. *Educação Matemática Pesquisa*, *14*(1), 31-45.

Gutiérrez, Á. (1996). Visualization in 3-Dimensional Geometry: In Search of a Framework. In *Proceedings of the 20th PME Conference* (Vol. 1, 3-19). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Homa, A. I. R. (2019a). Objetos De Aprendizaje Tridimensionales Construidos Con El Software Geogebra. *Revista Paradigma*, *40*(1), 69-79.

Homa, A. I. R. (2019b). Robotics Simulators in STEM Education. *Acta Scientiae*, *21*(5), 178-191. https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5417

Lohman, D. F. (1996). Spatial Ability and g. In *Human Abilities: Their Nature and Measurement* (pp. 97-116). Lawrence Erlbaum Associates.

Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record: The*

Voice of Scholarship in Education, *108*(6), 1017-1054. https://doi.org/10.1177/016146810610800610

Moore, T. J., y Smith, K. A. (2014). Advancing the State of the Art of STEM Integration. *Journal of STEM E Duc a Tion*, *15*(1), 5-11.

Niess, M. L., y Gillow-Wiles, H. (2017). Expanding teachers' technological pedagogical reasoning with a systems pedagogical approach. *Australasian Journal of Educational Technology*, *33*(3), 77-95. https://doi.org/10.14742/ajet.3473

Psotka, J. (2013). Educational Games and Virtual Reality as Disruptive Technologies. *Educational Technology & Society*, *16*(2), 69-80.

Ronau, R. N., Rakes, C. R., y Niess, M. L. (2011). *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches*. *Educational Technology, Teacher Knowledge, and Classroom Impact: A Research Handbook on Frameworks and Approaches*. https://doi.org/10.4018/978-1-60960-750-0

Smith, M. S., y Stein, M. K. (1998). Selecting and creating mathematical tasks: From research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, *3*(5), 344-350.

Stein, M. K., y Smith, M. S. (1998). Mathematical Tasks as a Framework for Reflection: From Research to Practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, *3*(4), 268-275. http://www.jstor.org/stable/41180401

Stein, M. K., Smith, M. S., Henningsen, M. A., y Silver, E. A. (2000). *Implementing standarts based mathematics instruction: A casebook for professional development* (D. F. Treagust, R. Duit, & B. J. Fraser, Eds.), *Riskesdas 2018*.

Stohlmann, M., Moore, T. J., y Roehrig, G. H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engeneering Education Research*, *2*(1). https://doi.org/10.5703/1288284314653

Wu, Y., y Anderson, O. R. (2015). Technology-enhanced STEM (science, teechnology, engineering, and mathematics) education. *Journal of Computers in Education*, *2*(3), 245-249. https://doi.org/10.1007/s40692-015-0041-2