Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Robot móvil interactivo para el aprendizaje de ángulos con alumnos de primaria

Interactive mobile robot for learning angles with elementary school students

Soria-López, A.[a], Silva-Ochoa, H.[b], Ojeda-Misses, M.A.[c]*

[a] Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, San Pedro Zacatenco, Gustavo A. Madero, 07360 Ciudad de México, CDMX.
[b] Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Letras Modernas, Circuito Interior s/n, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, CDMX.
[c] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Computación y Electrónica, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, C.P. 42184.
soria@cinvestav.mx; silva8a@unam.mx; manuel_ojeda@uaeh.edu.mx*

Innovación tecnológica: desarrollo de un robot móvil interactivo aplicado para el aprendizaje de ángulos con alumnos de primaria.

Área de aplicación industrial: aplicación educativa y robótica.

Recibido: 20 abril 2023
Aceptado: 01 febrero 2024

Abstract

This article presents a novel mobile robot for learning angles. The robot is developed and designed using the Educational Mathematics and Mobile Robotics to identify the kind of angles. The performance of the mobile robot is assessed by practicing elementary students. The mobile robot is easy to use with multimodal interface using the arm and the hand acquired by Kinect v2 in real-time. Also, the interface is described considering its elements and functions. This article includes results and topics studied during various practices in which the mobile robot was used during classes with elementary students using the nesting model of practices used in the Socio-epistemological Theory from Educational Mathematics.

Keys words: Educational robot, angles learning, mobile robot, multimodal interface, socio-epistemology, educational mathematics.

Resumen

Este artículo presenta un novedoso robot móvil para el aprendizaje de ángulos. El robot está desarrollado y diseñado usando la Matemática Educativa y la Robótica Móvil para identificar el tipo de ángulos. El desempeño del robot móvil se evalúa mediante prácticas de estudiantes de primaria. El robot móvil es fácil de usar con interfaz multimodal usando el brazo y la mano adquiridos por Kinect v2 en tiempo real. Asimismo, se describe la interfaz considerando sus elementos y funciones. Este artículo incluye resultados y temas estudiados durante varias prácticas en las que se usó el robot móvil durante las clases con alumnos de primaria utilizando el modelo de anidamiento de prácticas utilizado en la Teoría Socio-epistemológica desde la Matemática Educativa.

Palabras clave**:** *Robot educativo, aprendizaje de ángulos, robot móvil, interfaz multimodal, socioepistemología, matemática educativa.*

1. Introducción

Los robots móviles han tenido un auge importante con aplicaciones con robots guías [1,2], robots de apoyo a la rehabilitación [3-5], robots para la navegación y el mapeo simultáneo [6], robots multiagentes [7] y robots aplicados al aprendizaje [8-10]. En cuanto a la robótica aplicada al aprendizaje se han desarrollado diversos trabajos aplicados en la robótica educativa que permiten concebir, diseñar y desarrollar robots que apoyen el proceso de enseñanza/aprendizaje [11,12]. El objetivo es despertar el interés de los estudiantes mediante la implementación de nuevas herramientas tecnológicas que transformen las asignaturas tradicionales mediante dinámicas atractivas e integradoras destinadas a crear entornos de aprendizaje favorables y motivacionales.

En la literatura, se han presentado trabajados sobre aprendizaje y juego, entre los que destacan el trabajo [13], que realiza el análisis de una taxonomía basada en el uso de la gamificación y juegos serios. Sin embargo, en dicho trabajo no se exponen aplicaciones ni desarrollos experimentales de la clasificación propuesta, no obstante, este artículo se presenta como un área de oportunidad. Entre las aplicaciones con juegos, destacan las siguientes: en [14] se desarrolla un juego interactivo para el aprendizaje de una segunda lengua. En [15] implementan un videojuego para el aprendizaje del idioma inglés mediante sonidos. Tras la revisión bibliográfica anteriormente expuesta, se puede apreciar el indiscutible interés por aplicar la tecnología en los procesos de enseñanza y de aprendizaje a través del juego. No obstante, los productos mencionados no suelen estar respaldados por una adecuada problematización de los aspectos didácticos, pedagógicos y lúdicos.

En cuanto a robots educativos, en [1] y en [10] se presentan distintos robots capaces de combinar la inteligencia artificial y los juegos a través de secuencias de interacción verbal entre dos agentes situados en un entorno dado. Por otro lado, el robot Nao [12] ha sido usado para el desarrollo de aplicaciones para el aprendizaje de lenguas. Otro ejemplo de ello es en [16], donde han sido empleados varios robots Nao para realizar juegos de futbol sin la intervención del humano. Por otro lado, en [17] se presenta un robot móvil basado en una

interfaz interactiva para el aprendizaje lúdicos de las partes del cuerpo en francés.

Esto permite comprobar la diversificación y la existencia de una gran variedad de herramientas tecnológicas con el fin de facilitar la enseñanza y el aprendizaje. Este fenómeno representa hoy en día numerosos desafíos, entre ellos, el replanteamiento de las modalidades y los contenidos de la formación docente, una nueva visión del papel que deben desempeñar aprendientes y docentes, y una noción renovada y más compleja del proceso de aprendizaje, que incluye, por ejemplo, el reforzamiento de la literacidad mediática multimodal [18-20].

En suma, en el área de la Matemática Educativa, Cantoral *et al.* [21] consideran que la socioepistemología postula un cambio que busca acentuar el valor de uso del conocimiento matemático por parte del estudiante colocando a las prácticas sobre el objeto. Se subraya que reconocer las practicas que norman la construcción de conocimiento son necesarias para llevarlas a cabo en diversos escenarios con relación al uso del conocimiento que subyacen a ellos. Por lo tanto, se parte del análisis del quehacer humano en la interacción social y para ello se considera en este articulo el Modelo de Anidación de Practicas [22]. Lo anterior, fortalece el sentido de lo matemático mediante diversas situaciones de aprendizaje, es decir, introduciendo un robot en las aulas de matemáticas que ayudará a obtener una enseñanza y un aprendizaje más activo, realista y crítico que derive en aprendizaje significativo basado en la vida cotidiana del que aprende, lo que Cantoral y autores llaman un aula extendida.

Dado que el modelo de anidación de prácticas busca una acción sobre el objeto, es decir, en este trabajo se busca aprovechar el uso de recursos tecnológicos. En lo que atañe a una actividad sobre las acciones, se busca que el estudiante interactúe con los medios y las herramientas. Finalmente, las practicas son aplicadas de manera que el estudiante pueda aprender mediante prácticas sociales, lo que conlleva a pensar en el desarrollo de una interfaz multimodal que permita la interacción entre el robot móvil y el estudiante.

Durante la revisión del estado del arte, se han identificado que diversos robots han podido ser aplicados para el aprendizaje, sin embargo, no existen propuestas aplicando la robótica para el aprendizaje de los tipos de ángulos en una clase de matemáticas. Solamente la propuesta en [23] cuyo objetivo es propiciar el acercamiento lúdico a las matemáticas de niños en edad preescolar. Por ende, ante la escasa aplicación y desarrollo de infraestructura se busca aprovechar el equipamiento de robots aplicados al área de Matemática tomando en cuenta las recomendaciones dadas en [24]. Donde se menciona que implementar aplicaciones y herramientas educativas es una de las alternativas para fomentar el aprendizaje y la enseñanza mediante el uso de los dispositivos móviles, las computadoras y las nuevas tecnologías.

Sin embargo, es posible crear un robot móvil para el aprendizaje de ángulos con alumnos de primaria aprovechando la robótica móvil y la teoría socio-epistemológica de la matemática educativa. Por ende, en este artículo se presenta el desarrollo de una infraestructura experimental mediante la construcción de un robot móvil interactivo para el aprendizaje de los tipos de ángulos en una clase de matemáticas, un tema muy común en los planes de estudio de las primarias y secundarias en México [25] que busca aprovechar la robótica móvil y la teoría socio-epistemológica de la matemática educativa. Considerando los trabajos aplicados en temas de ángulos, se encuentra [26], donde se recalca que la literatura

especializada ha presentado estudios donde las dificultades se dan tanto en los estudiantes como en los profesores. En los estudiantes se presentan en todos los niveles donde se aborda la trigonometría y/o temas relacionados a los ángulos. Tomando como referencia a [27], el concepto de ángulo es introducido por primera vez en cuarto grado de la educación primaria del sistema educativo mexicano. Donde un error muy común es cuando los alumnos dibujan diversas líneas con diferentes ángulos mediante el uso de las escuadras y del transportador y se tiene un gran conflicto con el uso del transportador al medir ángulos en una circunferencia, ya que es usado como regla para medir la longitud del arco [27, 28].

Así, este artículo está organizado de la siguiente manera: la sección 2 presenta el robot móvil. Y la interfaz. En la sección 3 se describen los resultados y las discusiones de los mismos. Finalmente, el artículo presenta las conclusiones y los trabajos futuros.

2. Desarrollo

2.1 Robot móvil

El robot móvil interactivo tiene una configuración diferencial basado en dos ruedas controladas por motores y una rueda unidireccional. La Figura 1 presenta al robot móvil que incluye una estructura mecánica (1), un sensor Kinect v2 (2), una computadora (3), un controlador de motores de corriente directa (CD) (4), una interfaz multimodal (5) basada en Matlab [29] y QuaRC [30] y Visual Studio (5) [31] capaz de procesar los datos de control en tiempo real, dos motores de corriente directa (6) con encoders (7), una bocina (8) y una batería de litio (9).

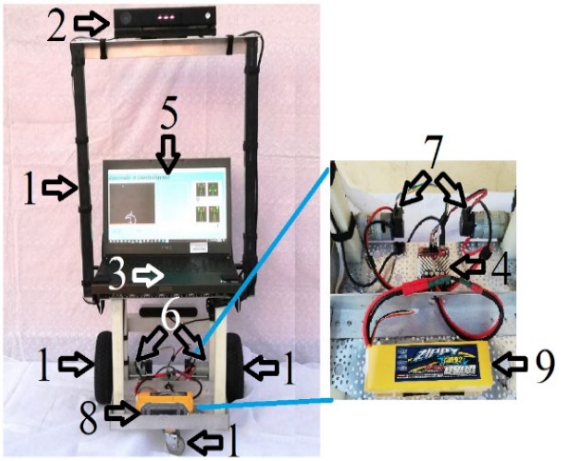


Figura 1. Componentes del robot móvil.

El robot móvil emplea el Kinect v2 para la adquisición de datos del cuerpo en el sistema operativo Windows 10, a continuación, son enviados los datos en tiempo real mediante el protocolo de transmisión de datos a Matlab-Simulink y el núcleo en tiempo real QuaRC, que permiten realizar movimientos. En la Figura 2 son mostrados dos subsistemas que integran al robot, por un lado, la estructura física del robot y por otro, la interfaz multimodal.

En la computadora del robot móvil es desarrollada la aplicación para el aprendizaje de los ángulos mediante la posición del brazo y la mano derecha del estudiante. El punto de referencia O_K simboliza el vértice del ángulo y es mapeado en el marco de referencia de Kinect v2 para establecer la posición deseada en el marco de referencia del robot O_r. Una vez establecida dicha posición, se emplea el control no lineal basado en un control de seguimiento de trayectorias [32].

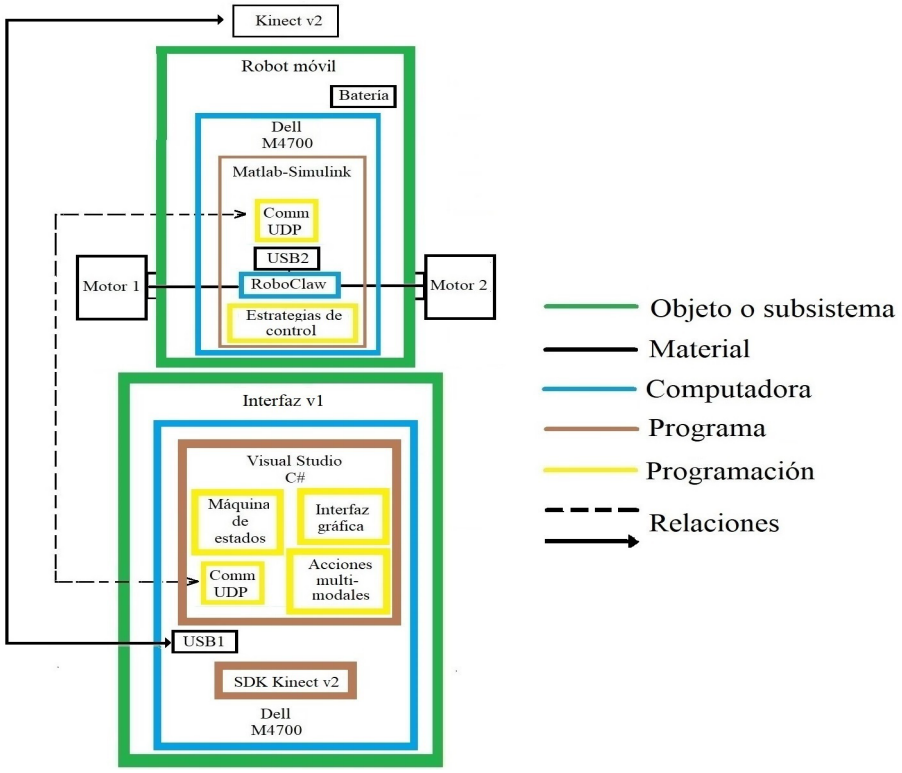


Figura 2. Relación de componentes del robot móvil.

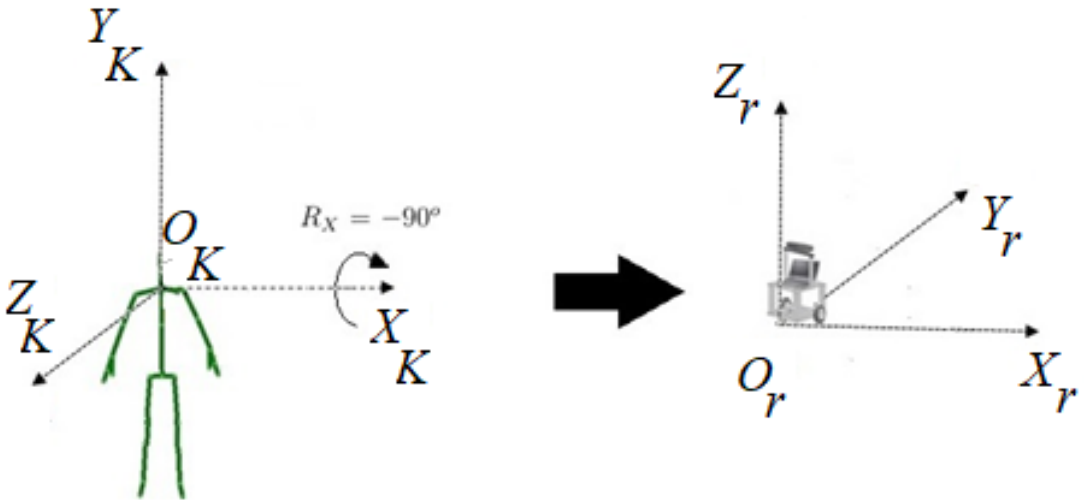


Figura 3. Relación entre marcos de referencia del usuario y el robot móvil.

Las articulaciones detectadas por el sensor Kinect v2 se miden con respecto al origen O_K del marco de referencia del sensor Kinect. La posición del brazo y la mano derecha, correspondiente a O_K en el marco de referencia del sensor, es identificada dentro del marco de referencia del robot, convirtiéndose en O_r. Es decir, es aplicada una rotación en el eje x, $R_x = 90°$, y de esta manera, se obtiene el marco de referencia resultante para el robot, tal como se muestra en la Figura 3.

El punto $P_K(x_K, y_K)$ se obtiene de la posición medida de la mano derecha y se mapea a un punto $P_r(x_r, y_r)$ en el espacio de trabajo del robot, como se muestra en la Figura 4. Se emplea la distancia del brazo y antebrazo hasta la mano, para obtener $P_K(x_K, y_K) = P_r(x_r, y_r)$ y así poder escalar la posición deseada del robot, mediante un factor z que representa la distancia entre el estudiante y el robot. Mientras que, el ángulo θ es formado desde la recta horizontal del eje X_K hasta el ángulo de apertura del estudiante considerado en el rango de $0° \leq \theta \leq 360°$, siempre y cuando, el centro de la curva de la superficie articular del hombro no coincida necesariamente con el centro de rotación, ya que, además de la forma de la superficie, intervienen el juego mecánico de la articulación, la tensión de los ligamentos y la contracción de los músculos [33].

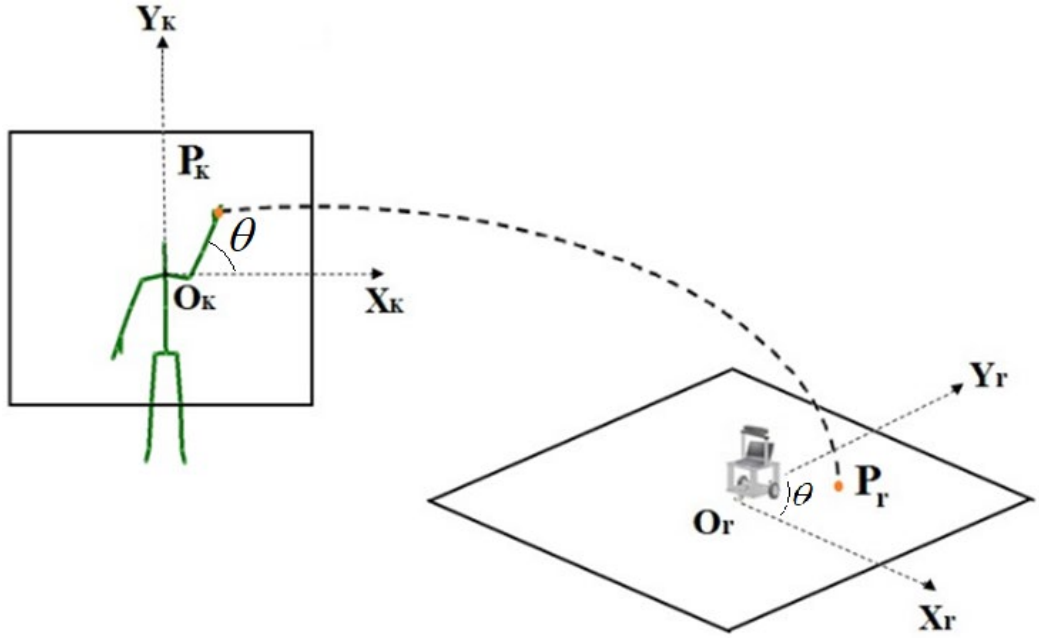


Figura 4. Mapeo del espacio de detección del estudiante al espacio de trabajo del robot móvil.

2.2 Interfaz interactiva humano-robot móvil

En la literatura se han desarrollado diversos tipos de interfaces que han permitido obtener variables de interés (relativas al entorno, al usuario y al robot). Algunos dispositivos comúnmente usados son palancas de mando o joysticks [34], dispositivos hápticos [35], cámaras con alta calidad [36], teléfonos inteligentes [37], relojes inteligentes [38] y diversos casos, el Kinect v2.

En cuanto a las interfaces humano-robot implementadas con Kinect v2 resultan pertinentes las siguientes: el sistema de reconocimiento de gestos desarrollado en [39] para mover un brazo robótico; la interfaz creada en [40] para reconocer posturas estáticas del cuerpo humano; la interfaz diseñada en [41] para el reconocimiento de gestos gracias a un robot tipo Lego que identifica las acciones ejecutadas por un grupo de niños mientras bailan; las librerías de desarrollo de software para el Kinect v2 (SDK) elegidas en [42] para controlar a un robot manipulador de siete grados de libertad y finalmente, la

interfaz generada en [43] para mover un robot industrial.

Por su parte, la interfaz se caracteriza por ser interactiva, multifuncional y de fácil manejo. Gracias al Kinect v2, es posible la interacción entre el usuario y el robot móvil mediante sonidos, imágenes, movimientos y gestos. Brindando así un interesante potencial para captar la atención de los estudiantes y promover una participación más activa e integral.

La interfaz es multifuncional (ver Figura 5), ya que el usuario puede seleccionar varios estados; se activa sólo un estado a la vez, pero es posible entrar y salir cuantas veces se desee. Finalmente, su manejo es fácil, pues el usuario controla al robot mediante la posición de la mano y el ángulo con el brazo y los estados de las manos (abierta/cerrada) (ver Figura 6).

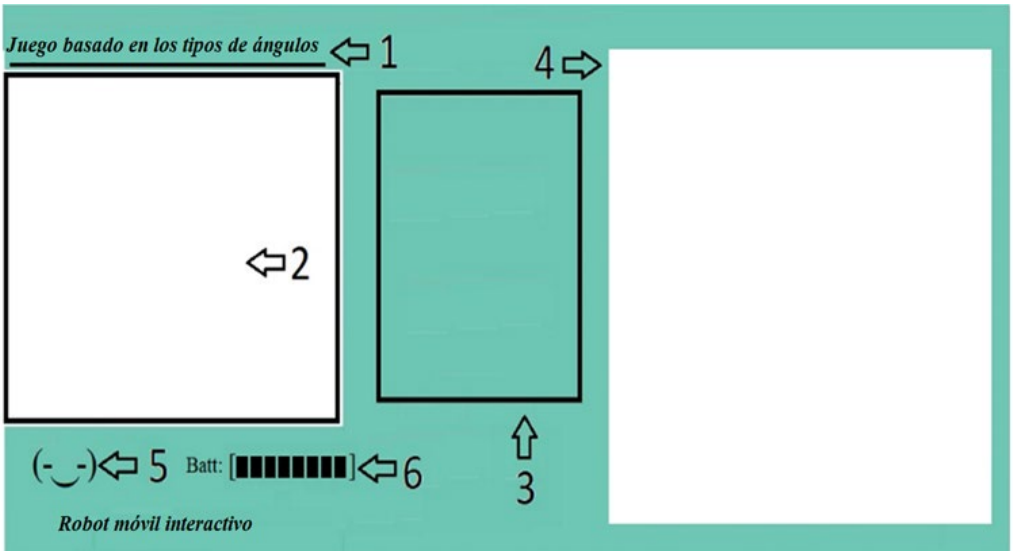


Figura 5. Interfaz gráfica del robot móvil.

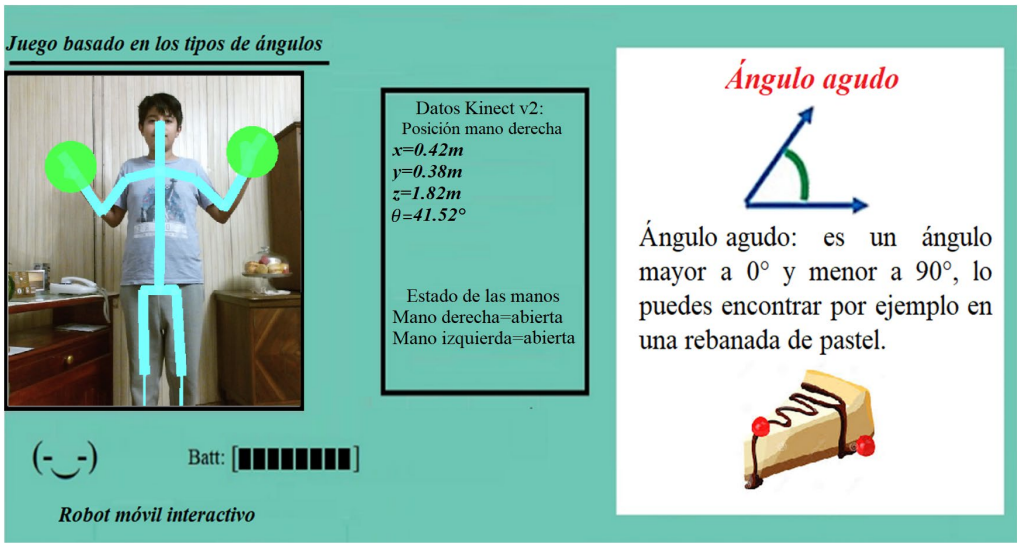


Figura 6. Usuario empleando la interfaz.

La interfaz gráfica incluye el menú de estados, la ventana de movimiento, la ventana con los datos de control, la ventana con el ángulo trazado, el estado de detección del robot móvil y, finalmente, el nivel de carga de la batería.

1. El menú de estados muestra en la parte superior la aplicación usada con el robot móvil.
2. La ventana de movimiento, donde es mostrada la animación del estudiante mediante la adquisición de Kinect v2, es capaz de detectar hasta 26 articulaciones mediante las librerías del sensor, tales como la distancia entre el estudiante y el robot móvil, la posición del brazo derecho, la posición de la mano derecha y el ángulo trazado con el brazo derecho medido en grados.
3. La ventana con los datos de control del robot presenta los datos adquiridos con Kinect: la posición de la mano derecha, la distancia entre el usuario y el robot, el estado de las manos y el ángulo del brazo derecho; y la gráfica que muestra el desplazamiento del robot en el plano. Finalmente, se presentan avisos importantes como si la batería está baja y si existe algún problema técnico con el robot.
4. La ventana con el ángulo trazado con el brazo y la mano del estudiante, aquí es desplegado la imagen del ángulo ejemplificando el tipo de ángulo y sirve para asociar el ángulo que el alumno ha trazado con anterioridad. En esta área, el robot móvil interactivo es capaz de ejemplificar el ángulo, asimismo, se presenta una breve definición del ángulo con base en los siguientes pasos, ejemplificados en el diagrama de flujo de la Figura 7.

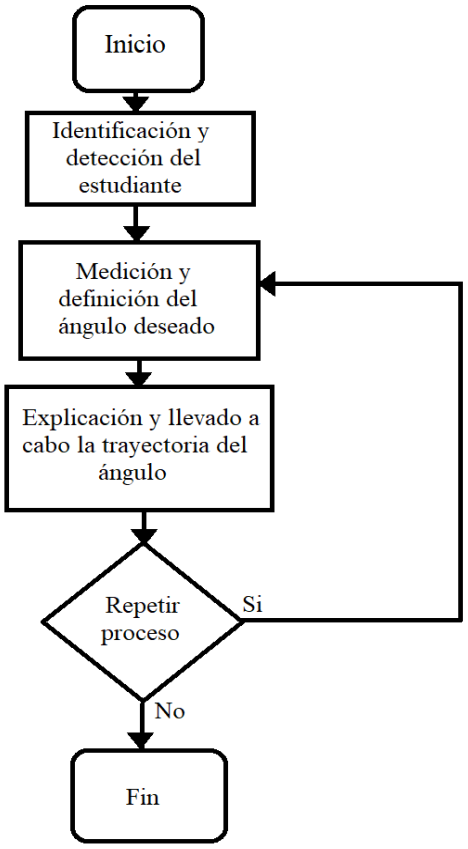


Figura 7. Diagrama de flujo de funcionamiento del robot móvil.

La interfaz es capaz de identificar los siguientes tipos de ángulos con su respectivo ejemplo:

Ángulo nulo: es un ángulo igual a 0°, esta clase de ángulo puede ser ejemplificado por una línea horizontal.

Ángulo agudo: es un ángulo mayor a 0° y menor a 90°, lo puedes encontrar, por ejemplo, en una rebanada de pastel.

Ángulo recto: es un ángulo que mide exactamente 90°, este ángulo se puede encontrar en una triangulo rectángulo, en la esquina de dos paredes o la esquina de una mesa.

Ángulo obtuso: este tipo de ángulo es mayor de 90° y menor de 180°, dicho ángulo puede ser encontrado en un abanico, una laptop abierta o una silla reclinable.

Ángulo llano: es un ángulo con medida de exactamente 180°, y puede

encontrarse en una superficie plana, el piso, un plano.

Ángulo cóncavo: es un ángulo mayor a 180° y menor a 270°, lo puedes encontrar, por ejemplo, en el techo de una casa.

Ángulo completo: es un tipo de ángulo que mide exactamente 360°, y puede encontrarse en un pastel completo o la luna.

5. El estado de detección para el robot móvil dado por el Kinect v2 es representado mediante un conjunto de caracteres. Son definidos dos estados: el primero, un estado activo representado por un emoticón con una cara sonriendo que muestra que el Kinect v2 está detectando al estudiante; y el segundo, un estado inactivo mediante un emoticón dado con una cara triste la cual representa que Kinect no está detectando al estudiante.

6. El nivel de carga de la batería, es representado mediante barras que indican el estado de la batería.

Por otro lado, el resultado de la trayectoria en el plano (x,y) a nivel control es mostrada en la Figura 8, donde el ángulo de orientación inicial es $\theta_0 = 90°$.

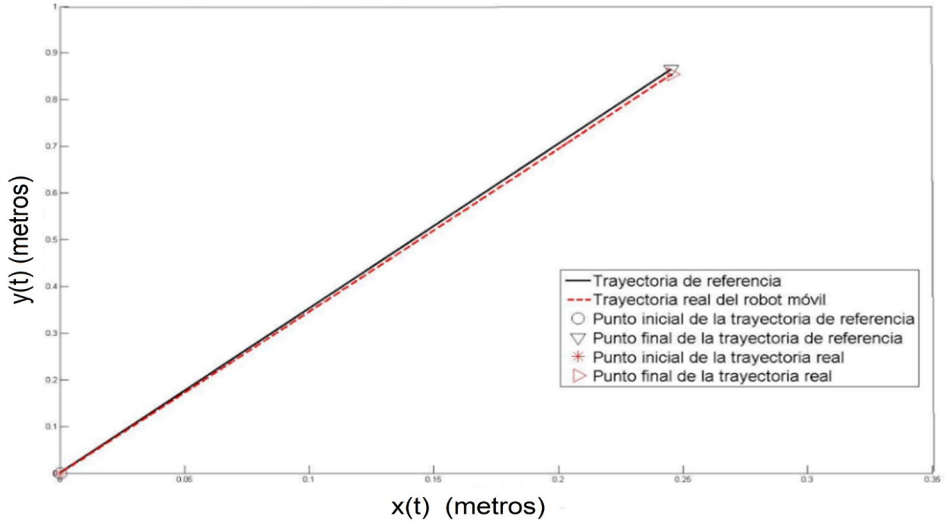


Figura 8. Trayectoria en el plano (x,y) del robot móvil en tiempo real.

3. Resultados

Los resultados obtenidos son consecuencia del uso del robot durante periodos escolares con estudiantes de primaria de 5to y 6to grado en municipio de Acolman en el Estado de México, México. Cuyo objetivo es brindar un robot para el aprendizaje de los tipos de ángulos mediante el uso del robot móvil interactivo durante diez sesiones de 5 horas cada una, considerando el modelo de anidación de prácticas que consta de cinco pasos, donde cada nivel antecede y acompaña al siguiente, dicha anidación permite la construcción del conocimiento social mediante la interacción.

En este trabajo se fructifica mediante el uso de la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa que considera que la matemática tiene una naturaleza social, donde el componente social conlleva al contexto y a las características de la matemática [26-28]. De esta manera, se considera que para cada matemática existen características que la hacen única, un claro ejemplo es la resignificación realizada en [26], donde se lleva a cabo el análisis transversal de una anidación de prácticas y el reconocimiento de los usos del conocimiento matemático. Donde se identificó que los estudiantes actúan matemáticamente en

forma distinta, responden con herramientas que van más allá de los procesos memorísticos y evocan alguna noción relacionada. Aunado a ello, se reconoce que los modelos de las tareas de trigonometría permiten un ir y venir entre el objeto simulado, el análisis del modelo y el cálculo numérico. Por tal motivo, en el presente artículo se introduce evidencia de que es posible la construcción de significados, representaciones y usos [26-28] mediante el uso de un robot móvil interactivo considerando una herramienta tecnológica empleada en los nuevos aportes de la educación del siglo XXI y la literacidad mediática multimodal de los alumnos [19, 20].

Dado lo anterior, se propone usar el modelo de anidación de prácticas (ver Figura 9) únicamente los niveles pragmáticos (acciones-actividades-actividad socialmente compartida) y la práctica de referencia mediante el uso de la robótica, y no los últimos dos niveles; debido a que se presenta un caso de estudio, mientras que para el reconocimiento de una práctica social se necesita hacer un meta-análisis que permita ratificar las prácticas de la construcción social de determinada noción matemática permanecen en diferente escenarios en tanto las características que permiten diferenciarla de otras nociones.



Figura 9. Modelo de anidación de prácticas [21].

Para obtener la construcción del conocimiento se emplea el robot móvil, debido a que permite desde el punto de vista constructivista el aprendizaje. El cual es definido como un proceso de construcción interno, activo e individual cuyo mecanismo básico de aprendizaje de conocimientos consiste en un proceso en el que nuevas informaciones se incorporan a los esquemas o estructuras preexistentes en la mente de las personas, que se modifican, adaptan y reorganizan según un mecanismo de asimilación y acomodación facilitado por la actividad del alumno.

El saber es considerando la acción, directa del sujeto (individual, colectivo o histórico) ante el medio en tres acepciones: material y entorno mediante el uso de herramientas tecnológicas, en caso específico, mediante el robot móvil interactivo que busca la interacción para obtener la acepción organizacional, es decir, busca el contexto de aprendizaje de los tipos de ángulos fomentando la práctica social (normativo) dada como una actividad humana situada socioculturalmente, para perfilar una práctica (iteración deliberada del sujeto y regulada por el contexto); dicha práctica tiene como objetivo la regulación de una práctica de referencia que es la expresión material e ideológica de un paradigma (ideológico, disciplinar y cultural), la que a la vez es normada mediante cuatro funciones por la práctica social (normativa, identitaria, pragmática y discursiva–reflexiva) [21]. Las pruebas fueron realizadas desde un salón de clases durante el periodo de noviembre a diciembre de 2022.

Asimismo, en la fase de evaluación los estudiantes fueron evaluados respecto al aprendizaje obtenido en el tema de ángulos sin el uso del robot y una segunda evaluación mediante la enseñanza obtenida utilizando el robot desarrollado. Con base en

la información recabada, se pudo concluir que la herramienta tecnológica ayuda y contribuye en el aprendizaje de los tipos de ángulo. Finalmente, respecto a la segunda evaluación pedimos a los estudiantes que evaluaran su grado general de satisfacción con los aspectos teóricos y prácticos brindados durante la práctica. Para llevar a cabo la prueba con el robot móvil se consideró realizar los experimentos en la escuela primaria Wenceslao Sánchez de la Barquera en Tepexpan, Acolman, Estado de México. Se invitó a participar a los grupos de 5to grado y 2 grupos de 6 grado, contando con un total de 48 alumnos y 33 alumnas entre 10 y 12 años (ver Figura 10).

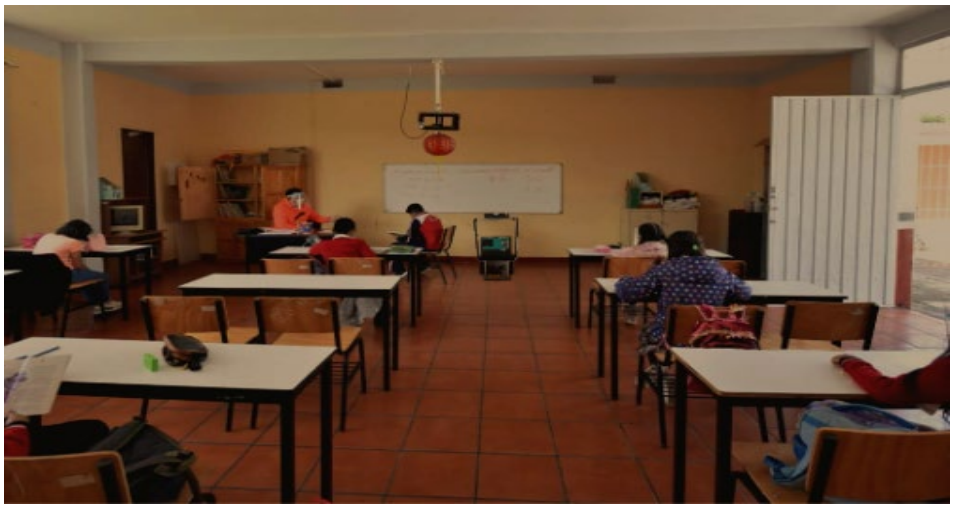


Figura 10. Robot móvil usado en escuela primaria.

Se realizaron dos evaluaciones, la primera respecto a el conocimiento adquirido sobre el tema de ángulos y la segunda evaluación, sobre el uso y el manejo del robot móvil como herramienta para el aprendizaje de ángulos, obteniendo los siguientes resultados. La primera evaluación (ver Figura 11) fue basada en el conocimiento adquirido: 1. ¿qué es un ángulo?, 2. ¿Cuáles son los tipos de ángulos que miden menos de 90 grados, más de 90 grados y exactamente 90 grados?, 3. ¿cuál es el instrumento que se usa para medir ángulos?, 4. ¿qué tipo de ángulo encuentras en un cono de helado y en la separación de los dedos (señal de amor y paz)?, 5. ¿Cómo se clasifican los ángulos?, 6. Un ángulo agudo mide menos de 100 grados. 7. Un ángulo recto lo encuentras en una escuadra, 8. Un ángulo obtuso mide más de 90 grados y menos de 180 grados, 9. ¿Qué tipo de ángulo mide 270 grados? y 10. ¿Cuánto mide un ángulo agudo? Mientras que la segunda evaluación (ver Figura 12) fue realizada con base en el uso del robot móvil: ¿fue fácil el manejo del robot?, ¿consideran que el uso del robot en una clase de matemáticas es atractivo? ¿Aprendiste los tipos de ángulos trazándolos con tu brazo? ¿Fue útil la información dada sobre los ángulos por el robot?

Los experimentados presentados permitieron identificar pistas para tener un robot móvil interactivo que aporte y contribuya en el aprendizaje de los tipos de ángulos. Dicho robot fue llevado a cabo para el pilotaje en situaciones formales de aprendizaje con alumnos de 5to y 6to grado de primaria, donde el tema de los ángulos es fundamental para su formación en el área de matemáticas. Además, mediante de que se ejemplifican los ángulos con objetos reales, que permiten asociar los ángulos en el mundo real.

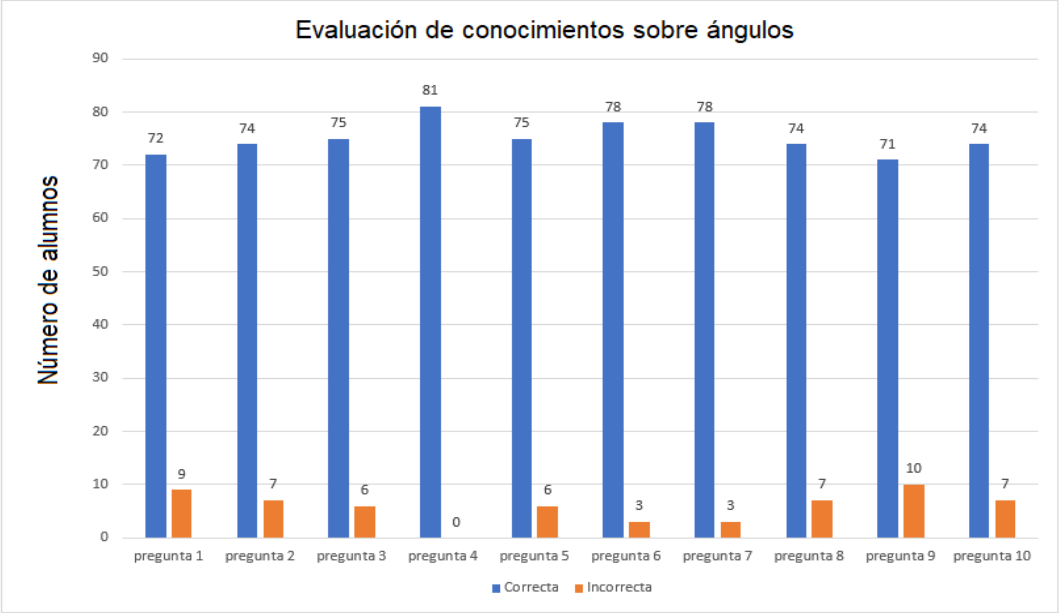


Figura 11. Gráfica de la evaluación del conocimiento adquirido sobre el tema de ángulos.

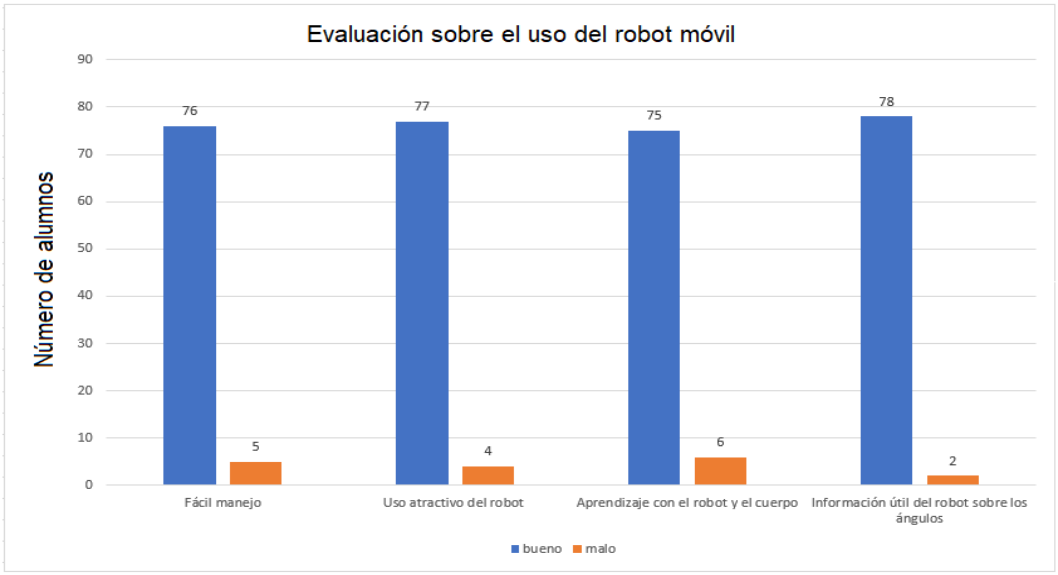


Figura 12. Gráfica de la evaluación del uso del robot móvil.

Mediante el robot móvil se logran obtener resultados cuantificables usando el método científico [45] en los cursos de Matemáticas y dar este enfoque en nuevas propuestas de prácticas. Donde los estudiantes construyen nuevas ideas a través de sus experiencias pasadas y nuevos conocimientos. Además, dicho robot móvil puede servir como una herramienta complementaria para los profesores combinando la teoría con la práctica utilizando este robot móvil para ayudar a explicar conceptos teóricos y estimular el aprendizaje práctico en un salón de clases.

Del resultado de la Figura 11 y la Figura 12 puede identificarse que la evaluación basada en el conocimiento adquirido el 92% de los

estudiantes reflejaron en su cuestionario de evaluación haber contestado correctamente a las preguntas. Por otro lado, respecto a la evaluación realizada con base en el uso del robot móvil los estudiantes evaluaron favorables los aspectos y la ayuda brindada por el robot obteniendo el 94.44% de aceptación de los 81 alumnos encuestados (véase Figura 12).

Por lo que, el salón de clases es uno de los elementos más importantes del proceso educativo formal. En efecto, el aula suele ser el lugar donde el estudiante pasa la mayor parte del tiempo dedicado al aprendizaje. El salón de clases es dado como un sistema, cuyos componentes son el maestro, los compañeros de clase, los materiales, las actividades, las herramientas complementarias y los métodos de aprendizaje, conocido como robótica ludoeducativa [9, 46]. Todos ellos funcionan como fuentes de actitudes y motivaciones que impactan positiva o negativamente tanto en la adquisición como en el aprendizaje.

4. Conclusiones

En este artículo se ha presentado un novedoso robot basada en un robot móvil interactivo, permitiendo realizar simulaciones y experimentos en tiempo real para el aprendizaje de los tipos de ángulos con alumnos de primaria en México.

La implementación del robot móvil ha generado respuestas favorables por parte de los estudiantes reflejados en los resultados obtenidos en las evaluaciones, además, se logró identificar que para los alumnos es mucho más sencillo aprender los ángulos con base en objetos.

Es considerada como una propuesta que permite la intervención didáctica alternativa para el campo particular de las matemáticas escolares basadas en la Matemática Educativa considerando: el aula extendida, el saber en tanto conocimiento en uso y una visión crítica, solidaria y humanista de la sociedad del conocimiento.

En el caso de la enseñanza/aprendizaje de los tipos de ángulos, los componentes del salón de clases pueden generar actitudes positivas hacia la situación de aprendizaje y pueden hacer surgir una motivación intrínseca que beneficiará el desempeño del estudiante.

En el aula se pretende que el profesor en conjunto con el robot móvil promueva en el alumno la motivación intrínseca y la motivación integrativa. Con ese fin, el profesor puede implementar actividades propicias al aprendizaje mediante recursos auténticos, que presenten aspectos llamativos, nuevos e innovadores.

Cabe señalar que fue necesario, fundamental e indispensable realizar la evaluación para identificar oportunidades y mejoras en el uso de herramientas tecnológicas para que los docentes puedan complementar sus clases mediante juegos articulados que permitan favorecer el conocimiento matemático y disciplinar, situación que por lo general no se da en actividades escolares.

En conclusión, es posible afirmar que se precisa para cada uno de estos tres aspectos de la consideración integral tomando en cuenta a las matemáticas, como parte de la cultura, se construyen a partir de vivencias cotidianas de los individuos a través de prácticas socialmente compartidas [21].

El desarrollo de una manera matemática de pensar entre la población permite el aprendizaje mediante herramientas tecnológicas y de la incorporación de las prácticas que le acompañan. Finalmente, la dualidad del individuo (colectividad) se supera con la anidación de prácticas que

parten de la acción del individuo sobre el medio, se constituye mediante las actividades humanas que, reiteradas con intencionalidad, devienen en prácticas socialmente compartidas en el contexto de grandes prácticas de referencia.

Finalmente, las pruebas fueron efectuadas en un lugar cerrado, cuyos niveles de iluminación no afectaron de manera significativa el reconocimiento y la adquisición de datos; sin embargo, en lugares abiertos con mucha iluminación como la solar afectan el procesamiento y adquisición de datos.

El robot móvil funciona de manera óptima sobre un piso cuya superficie es regular, pues las pruebas en superficies irregulares dieron lugar a perturbaciones tanto en el seguimiento de trayectorias del robot en el proceso de reconocimiento y de adquisición de datos. En proyectos futuros, será necesario evaluar la movilidad del robot en superficies irregulares o restringir el uso del robot móvil a espacios que reúnan condiciones óptimas.

Las pistas para mejorar el desempeño técnico, lúdico y socioepistemológico del robot serán tomadas en cuenta para futuras pruebas.

Referencias

[1] Burgard, W., Cremers, A. B., Fox, D., Hähnel, D., Lakemeyer, G., Schulz, D., Steiner, W. & Thrun, S. (1999). Experiences with an interactive museum tour guide robot, Artificial Intelligence, vol. 1-2, núm. 114, pp. 3-55. DOI. 10.1016/S0004-3702(99)00070-3.

[2] Thrun, S., Bennewitz, M., Burgard, W., Cremers, A., Dellaert, F., Fox, D., Hahnel, D., Rosenberg, D., Roy, N., Schulte, J. & Schulz, D. (1999). Minerva: a second generation museum tour guide robot, IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, Detroit, MI, USA, vol. 3, pp. 1999-2005. DOI. 10.1109/ROBOT.1999.770401.

[3] Hansen, S. T., Bak, T. & Risager, C. (2012). An adaptive game algorithm for an autonomous, mobile robot. A real world study with elderly users, Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication, pp.125-130. DOI. 10.1109/ROMAN.2012.6343864.

[4] Hansen, S. T., Rasmussen, D. M. & Bak, T. (2012). Field study of a physical game for older adults based on an autonomous mobile robot, Int. Conf. on Collaboration Technologies and Systems, pp. 125-130. DOI. 10.1109/CTS.2012.6261038.

[5] Calderita, L. V., Bustos, P., Suárez Mejías, C., Fernández, F., Viciana, R. & Bandera, A. (2015). Asistente robótico socialmente interactivo para terapias de rehabilitación motriz con pacientes de pediatría, Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, vol. 12, núm. 1, pp. 99-110. DOI. 10.1016/j.riai.2014.09.007.

[6] Yu, W., Zamora, E. & Soria, A. (2015). Ellipsoid SLAM: a novel set membership method for simultaneous localization and mapping, Autonomous Robots, vol. 39, núm. 3, pp. 125-137. DOI. 10.1007/s10514-015-9447-y.

[7] García Cena, C., Saltarén, R., López Blázquez, J. & Aracil, R. (2010). Desarrollo de una interfaz de usuario para el sistema robótico multiagente SMART, Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, vol. 7, núm. 4, 2010, pp. 17-27. DOI. 10.1016/S1697-7912(10)70056-X.

[8] López, D., Gómez-Bravo, F., Cuesta, F., & Ollero, A. (2010). Planificación de Trayectorias con el Algoritmo RRT. Aplicación a Robots No Holónomos. Revista Iberoamericana De Automática E Informática Industrial, 3(3), 56–67. Recuperado a partir de https://polipapers.upv.es/index.php/RIAI/article/view/8144

[9] Misses, M. A. (2022). La robótica ludoeducativa como una disciplina multidisciplinaria. Revista Lengua y Cultura, 4(7), 122-132. https://doi.org/10.29057/lc.v4i7.9691

[10] Su, K. L., Shiau, S. V., Guo, J. H. & Shiau, C. W. (2009). Mobile robot based chinese chess game, IEEE 4th Int. Conf. on Innovative Computing, Information and Control, pp. 528-531. DOI. 10.1109/ICICIC.2009.261.

[11] Steinkuehler, C., Squire, K. & Barab, S. (2012). Games, Learning and Society: Learning and Meaning in the Digital Age, Cambridge University Press, New York.

[12] Stevens, A. & Shield, L. (2009). Étude sur l'impact des technologiques de l'information et de la communication et des nouveaux médias sur l'apprentissage des langues. Rapport final, Commission Européenne, Strasbourg.

[13] Yanes N. & Bououd, I. (2019). Using Gamification and Serious Games for English Language Learning, International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS), vol. 3, pp. 7301-7312.

[14] Wu, J., Lv, C., Zhao, L., Li, R. & Wang, G. (2017). Design and Implementation of an Omnidirectional Mobile Robot Platform with Unified I/O Interfaces, International Conference on Mechatronics and Automation, vol. 3, pp. 410-415.

[15] Kitichaiwat P., Thongsuk, M. & Ngamsuriyaroj, S. (2014). Melody Touch: A Game for Learning English from Songs, IEEE Third ICT International Student Project Conference, pp. 13-16. DOI: 10.1109/ICT-ISPC.2014.6923207

[16] Veloso, M. & Stone, P. (2012). Video: RoboCup Robot Soccer History 1997-2011, Proc. International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 5452-5453. DOI: 10.1109/IROS.2012.6386302

[17] Ojeda-Misses M. A., Silva-Ochoa H. & Soria-López A. (2021). Ludibot: Interfaz humano-robot móvil para el aprendizaje lúdico de idiomas. Ingeniería Investigación y Tecnología, 22 (03), 1-10. https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.3.021

[18] Müller, J. (2000). L'intermédialité, une nouvelle approche interdisciplinaire: perspectives théoriques et pratiques à l'exemple de la vision de la télévision, Cinémas. Revue d'études cinématographiques, vol. 10, núm. 2-3, pp. 105-134.

[19] World Economic Forum, New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology, World Economic Forum, Boston, 2016.

[20] World Economic Forum, New Vision for Education Unlocking the Potential of

Technology, World Economic Forum, Boston, 2015.

[21] Cantoral, R., Montiel, G. & Reyes-Gasperini, D. (2015). El programa socioepistemológico de investigación en Matemática Educativa: el caso de Latinoamérica. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 18(1), 5-17. http://dx.doi.org/10.12802/relime.13.1810

[22] Cantoral, Reyes Gazperini. D. & Montiel Espinosa, G. (2014). Socioepistemología, Matemáticas y Realidad, Revista Latinoamericana de Etnomatemática Perspectivas Socioculturales de la Educación Matemática, Núm. 7, Vol. 3, 91-116.

[23] Fernández, R. & Von Lücken, C. (2015). Using the Kinect sensor with open source tools for the development of educational games for kids in pre-school age, Latin American Computing Conference, pp. 1-12. DOI. 10.1109/CLEI.2015.7360041.

[24] O. de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2021). Revisión regional 2020, Educación superior para todas las personas. https://www.iesalc.unesco.org/2020/04/02/el-coronavirus-covid-19-y-la-educacion-superior-impacto-y-recomendaciones/Accessed: December-2021.

[25] Secretaria de Educación Pública, (2021). Plan y Planes de Estudios https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx Accessed: December-2021.

[26] Torres-Corrales, D. & Montiel-Espinosa, G. (2021b). Resignificación de la razón trigonométrica en Ingeniería. Revista Educación Matemática, 33(3), 202-232.

[27] Rotaeche-Guerrero, R. A. & Montiel-Espinosa, G. (2017). Aprendizaje del concepto escolar de ángulo en estudiantes mexicanos de nivel secundaria. Educación matemática, 29(1), 171-200.

[28] Torres-Corrales, D. & Montiel, G. (2021a). La desarticulación matemática en Ingeniería. Una alternativa para su estudio y atención, desde la Matemática Educativa. Nóesis. Revista de Ciencias Sociales, 29(58-1), 24–55. https://doi.org/10.20983/noesis.2020.3.2

[29] The Math Works, Matlab-Simulink / versión 8.0 (R2012b), Natick, MA, USA, 2012. www.mathworks.com

[30] Quanser Consulting, QuarC / versión 2.3.603, Markham, Ontario, CA, 2011. www.quanser.com

[31] Microsoft Corporation, Visual Studio / versión 12. Redmond, WA, USA, 2013. www.microsoft.com

[32] Canudas de Wit, C., Khennouf, H., Samson, C. & Sordalen, O. J. (1994). Nonlinear Control Design for Mobile Robots", en Y. F. Zheng, Recent Trends in Mobile Robots / World Scientific Series in Robotics and Intelligent Systems, núm. 11, pp. 121-156. DOI. 10.1142/9789814354301_0005.

[33] Kapandji, A. (2006). Fisiología articular. Tomo 1. Hombro, codo, pronosupinación, muñeca, mano. Sexta Edición. MALOINE.

[34] Kružić, S., Musić, J. & Stančić, I. (2017). Influence of human computer interface elements on performance of teleoperated mobile robot. 40th Int.

Conv. on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, (1015-1020).

[35] Xiaolei, H., Pengfei, F. & Yaohong, G. (2017). Dynamic kinesthetic boundary for haptic teleoperation of unicycle type ground mobile robots. Chinese Control Conf., (6246-6251). Recuperado de http://10.23919/ChiCC.2017.8028350

[36] Wu, J., Lv, C., Zhao, L., Li, R. & Wang, G. (2017). Design and implementation of an omnidirectional mobile robot platform with unified I/O interfaces. IEEE Int. Conf. on Mechatronics and Automation, (410-415). Takamatsu, Japón. Recuperado de https://doi.org/10.1109/ICMA.2017.8015852

[37] Waldherr, S., Romero, R. & Thrun, S. (2000). A gesture based interface for human-robot interaction. Autonomous Robots, 151-173.

[38] Villani, V., Sabattini, L., Riggio, G., Levratti, A., Secchi, C. & Fantuzzi, C. (2017). Interacting with a mobile robot with a natural infrastructure-less interface. 20th IFAC World Congress, (12753-12758).

[39] Baron, G., Czekalski, P., Golenia, M. & Tokarz, K. (2013). Gesture and voice driven tribot mobile robot using Kinect sensor, Int. Symp. on Electrodynamic and Mechatronic Systems, pp. 33-34. DOI. 10.1109/SELM.2013.6562966.

[40] Cicirelli, G., Attolico, C., Guaragnella, C. & D'Orazio, T. (2015). A Kinect-based gesture recognition approach for natural human robot interface, International Journal of Advanced Robotic Systems, vol. 12, núm. 3, pp. 1-11. DOI. 10.5772/59974.

[41] Maraj, D., Maraj, A. & Hajzeraj, A. (2016). Application interface for gesture recognition with Kinect sensor, IEEE Int. Conf. on Knowledge Engineering and Applications, pp. 98-102. DOI. 10.1109/ICKEA.2016.7803000

[42] Cueva, W. F., Torres, S. H. M. & Kern, M. J. (2017). 7 DOF Industrial Robot Controlled by Hand Gestures using Kinect v2, IEEE 3rd Colombian Conference on Automatic Control, , pp. 1-6. DOI. 10.1109/CCAC.2017.8276455.

[43] Ben Abdallah, I., Bouteraa, Y., Boucetta, R. & Rekik, C. (2015). Kinect-based computed torque control for lynxmotion robotic arm, Int. Conf. on Modeling Identification and Control, pp. 1-6. DOI. 10.1109/ICMIC.2015.7409416.

[44] Modelo basado en Competencias. (2022). Tecnológico Nacional de México. http://teshuixquilucan.edomex.gob.mx/im, Accessed: December-2022.

[45] Miller, J. P. (2007). The Holistic Curriculum, Second Edition, OISE Press.

[46] Ojeda-Misses, M. A. (2023). Development of an Interactive Mobile Robot for Playful Learning and Language Teaching, in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, vol. 18, no. 1, pp. 114-122, DOI: 10.1109/RITA.2023.3250582.