



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Modelo de integración de robótica educativa y dispositivos móviles para la enseñanza de las áreas STEM, dentro del contexto de la Educación 4.0

Daniel Restrepo Echeverri

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2021

Modelo de integración de robótica educativa y dispositivos móviles para la enseñanza de las áreas STEM, dentro del contexto de la Educación 4.0

Daniel Restrepo Echeverri

Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería de Sistemas

Director:

Jovani Alberto Jiménez Builes, Ph. D.

Línea de investigación:

Robótica educativa: máquinas inteligentes en educación

Grupo de Investigación:

Grupo de I+D en Inteligencia Artificial – GIDIA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2021

Dedicatoria

A los estudiantes y próximas generaciones que vivirán en las consecuencias del presente que estamos construyendo.

A mi familia, que me ha apoyado en todo el camino brindándome motivación en cada paso y generando una fuerza de empuje en mi vida.

A la Universidad Nacional, la cual que ha contribuido enormemente con mi formación profesional.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Daniel R." with a stylized flourish at the end.

Declaración de obra original

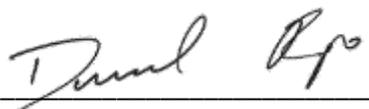
Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Daniel Restrepo Echeverri

Fecha 02/08/2021

Medellín

Agradecimientos

Agradezco a todos los que contribuyeron de alguna manera en este proceso de aprendizaje y desarrollo personal, a los autores citados en la bibliografía quienes han contribuido a la expansión del conocimiento y desarrollo del ser humano.

A mi familia, que ha sido un apoyo incondicional todo el tiempo.

A mi madre, quien ha brindado su amor y luz durante todo mi trayecto profesional.

A Jovani Jiménez, mi maestro y tutor que aportó grandes enseñanzas para mi crecimiento personal como profesional, por su tiempo y recomendaciones con el presente documento, su atención durante todo el desarrollo del trabajo, aunque los tiempos que afrontamos se tornaran hostiles con la situación de pandemia para el desarrollo del proyecto.

A Paula De Ávila, que fue mi mano derecha para dar forma el trabajo y desarrollar muchas ideas con su asesoría para la presentación del trabajo.

A mis compañeros del Trabajo, por sus aportes y distracciones que hicieron más agradable el viaje durante los puntos más álgidos del trabajo y controlar el estrés con sus ideas locas para automatizar procesos industriales.

Un agradecimiento muy especial a quienes invierten su tiempo para leer y aprender de este documento, lo cual espero que sea de utilidad para sus conocimientos y caminos personales.

Resumen

La educación siempre se ha relacionado con el desarrollo de la economía. Por esto, es necesario formar a los estudiantes de tal manera que estén preparados para las necesidades de su entorno y afrontar los problemas de cada época. En la actualidad, la tecnología ha prevalecido y es necesario contar con profesionales capacitados para satisfacer las necesidades de una nueva “era innovadora”, lo que incluye y requiere personas con pensamiento crítico, capaces de resolver problemas, con habilidades y conocimientos que les permitan desenvolverse en la sociedad actual. La robótica educativa dentro del proceso enseñanza - aprendizaje, permite que los estudiantes desarrollen competencias en las áreas STEM, las cuales están relacionadas con la tecnología y contribuyen al fortalecimiento de habilidades creativas, de aprendizaje y diseño orientadas a problemas reales de la sociedad, además la construcción y programación de robots estimula la curiosidad y los lleva a ser más innovadores con la tecnología.

Este trabajo tiene el objetivo plantear un modelo para la implementación de los celulares como un componente funcional de las prácticas de robótica educativa, mediante el uso del dispositivo como fuente de sensores, buscando disminuir de esta manera, la inversión necesaria para comprar sensores en una práctica educativa y buscando generar en el estudiando una visión alternativa para el uso de la tecnología que tiene a su alcance en el día a día. Con esto se puede lograr una masificación de las prácticas educativas de la robótica, y un planteamiento de soluciones innovadoras con el uso de componentes cotidianos, constituyéndose en un modelo de fácil adaptación para desarrollar habilidades específicas de los estudiantes en las áreas STEM con una inversión baja.

Para esto se configuró un modelo físico que integra la robótica educativa y los celulares. Se plantean varias configuraciones posibles para extender la funcionalidad y mostrar que las posibilidades son muchas y están abiertas a imaginación del estudiante. Se evidenció que la robótica educativa facilita la posibilidad de introducir la tecnología en el proceso de enseñanza - aprendizaje, por medio de estos kits que poseen sensores, mecanismos, piezas y características que pueden acoplarse e integrarse con un celular para armar un robot funcional.

A través de un cuestionario en línea sobre la integración de robótica educativa y celulares, se constató el interés que tienen los estudiantes de contar en sus instituciones de formación con la implementación de la robótica en el proceso educativo, contribuyendo a la formación preparación para afrontar la Industria 4.0

Palabras Clave:

Educación 4.0, STEM, Robótica educativa, dispositivos móviles.

Integration model of educational robotics and mobile devices for teaching STEM areas, within the context of Education 4.0

Abstract

Education has always been related to the development of the economy. For this reason, it is necessary to train students in such a way that they are prepared for the needs of their environment and face the problems of each age. Today, technology has prevailed, and it is necessary to have trained professionals to meet the needs of a new “innovative era”, which includes and requires people with critical thinking, capable of solving problems, with skills and knowledge that allow them to function in today`s society. Educational robotics within the teaching-learning process allows students to develop skills in STEM areas, which are related to technology, and contribute to the strengthening of creative, learning, and design skills oriented to real problems of society. In addition to building and programming, robots stimulate curiosity and lead them to be more innovative with technology.

This work aims to propose a model for the implementation of cell phones as a functional component of educational robotics practices seeking to reduce the investment necessary to buy sensors in educational practice. With this, a massification of the educational practices of robotics could be achieved, and an approach to innovative solutions with the use of everyday components, becoming a model of easy adaptation to develop specific skills of students in STEM areas with a low investment.

For this, a physical model was configured that integrates educational robotics and mobile phones. Several possible configurations were proposed to expand the functionality and show that the possibilities are many and open to the student`s imagination. It was evidenced that educational robotics facilitates the possibility of introducing technology in the teaching-learning process through these kits that have sensors, mechanisms, parts, and characteristics that can be coupled and integrated with a cell phone to assemble a functional robot.

Through an online questionnaire on the integration of educational robotics and cell phones, the interest of students in having in their training institutions the implementation of robotics in the educational process was verified, contributing to the training preparation to face industry 4.0

Keywords:

Education 4.0, STEM, Educational Robotics, mobile devices.

CONTENIDO

1	Introducción	13
1.1	Objetivo general	14
1.2	Objetivos específicos	14
2	Caracterización de componentes de la educación 4.0	15
2.1	Contexto General de la educación 4.0.	15
2.2	Componentes de la educación STEM	17
2.3	Habilidades requeridas en el contexto de la educación 4.0	17
2.4	Modelos de educación tradicional	18
2.5	Modelos de educación basados en educación 4.0	19
3	Módulos de robótica educativa	21
3.1	Robots educativos	21
3.2	Mecanismos de sensado	22
3.3	Mecanismos de Efectores	23
3.4	Mecanismos de procesamiento	24
3.5	Sensores de los dispositivos móviles	28
3.6	Kits de robótica educativa comerciales	29
3.6.1	Kit de Robótica Innobot	30
3.6.2	Legó MindStorms EV3	31
3.6.3	Kit Vex IQ	32
4	Modelo de integración robótica educativa y teléfonos celulares	35
4.1	Diseño del modelo físico	35
4.2	Diseño del modelo lógico	39
4.2.1	Robot autónomo	39
4.2.2	Robot controlado desde otro dispositivo	40
4.3	Implementar desarrollos de otras aplicaciones utilizando el procesamiento del dispositivo inteligente	41
4.4	Diseño del comportamiento del sistema	42
5	Validación del modelo	43
5.1	Análisis del diseño propuesto	43
5.2	Prototipo	43
5.3	Validación del modelo	45

5.4	Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia.	45
5.4.1	Resultados de la encuesta	45
5.5	Interpretación de los resultados de la encuesta realizada	56
6	Conclusiones y recomendaciones	57
6.1	Conclusiones	57
6.2	Recomendaciones	58
7	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	59

Tablas

Tabla 1 Habilidades objetivo para fortalecer y desarrollar	18
Tabla 2 Modelos pedagógicos de educación	18
Tabla 3 Comparación de los tipos de controladores.....	25
Tabla 4 Comparación entre los sensores de los kits de robótica educativa y de los dispositivos móviles	33
Tabla 5 Velocidades del Bluetooth.....	42
Tabla 6 Componentes del robot utilizados en el prototipo	43

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Objetivo de la educación STEM.....	17
Ilustración 2 Mapa Conceptual objetivo de la robótica educativa, la educación STEM y la educación 4.0.....	20
Ilustración 3 Lógica básica del funcionamiento de un robot	22
Ilustración 4 Tipos de sensores	22
Ilustración 5 Clasificación de los mecanismos actuadores	23
Ilustración 6 EV3 Intelligent Brick	24
Ilustración 7 VEX IQ Robot Brain	25
Ilustración 8 Kit de Robótica Innobot	30
Ilustración 9 Lego MindStorms EV3	31
Ilustración 10 Kit Vex IQ.....	32
Ilustración 11 Aplicación típica de un dispositivo móvil como mando de robot con aplicaciones comerciales	36
Ilustración 12 Referencia de los resultados de búsqueda	37
Ilustración 13 Ejemplo App Bluetooth robot control por RobotClass.ru.	38
Ilustración 14 Esquema de funcionamiento de la App para recopilar datos de los sensores y transmitir al robot.....	39
Ilustración 15 Proceso simplificado de un robot autónomo.....	40
Ilustración 16 Funciones, lógica de funcionamiento de un robot controlado desde otro dispositivo	41
Ilustración 17 Fotografías prototipo ensamblado.....	44

Tabla de Gráficas

Gráfica 1 Rol en el proceso educativo.....	45
Gráfica 2 Conocimiento sobre los requerimientos para la Industria 4.0	46
Gráfica 3 Inclusión de elementos en la educación para cubrir las necesidades de la Industria 4.0. 46	
Gráfica 4 La manera en que mejor aprenden los estudiantes	47
Gráfica 5 Uso del celular como herramienta dentro del proceso educativo	48
Gráfica 6 Uso de los sensores del celular en proyectos personales	48
Gráfica 7 Inclusión de prácticas didácticas con los celulares.....	49
Gráfica 8 Elementos necesarios para afrontar las exigencias de la Industria 4.0	50
Gráfica 9 La robótica dentro del proceso educativo	51
Gráfica 10 La influencia de la construcción y programación de robots en el desarrollo cognitivo de los estudiantes	51
Gráfica 11 Costos de la construcción y programación de robots	52
Gráfica 12 Uso de los sensores de los dispositivos móviles para la disminución de costos	53
Gráfica 13 Conocimiento sobre las aplicaciones que permiten interactuar con un robot desde un celular	53
Gráfica 14 Percepción sobre las dificultades que se presentan para incluir la robótica en el proceso educativo.....	54
Gráfica 15 Las áreas STEM y la tecnología en el proceso educativo.....	55
Gráfica 16 Necesidad de personas capacitadas en áreas en el mercado laboral	55
Gráfica 17 Robótica educativa para las enseñanzas de las áreas STEM en las Instituciones de Educación	56

Abreviaturas

MEN	Ministerio de Educación Nacional
NSF	National Science Foundation
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
GPS	Global Position System

1 Introducción

En el contexto actual, la educación debe incluir y vincular en sus procesos de formación, la implementación de nuevas tecnologías para garantizar que los estudiantes desarrollen habilidades que les permiten adaptarse a los frecuentes cambios y actualizaciones disponibles [1], las cuales a su vez, son acondicionadas y aceptadas por la industria a un ritmo exponencial para mejorar la productividad de sus organizaciones [2], [3].

Actualmente las capacidades de procesamiento de los teléfonos móviles han mejorado de forma notable, y la incorporación de múltiples sensores en cada dispositivo los convierte en una caja de herramientas para su implementación como centro neural y de mando de un robot móvil. En la actualidad es poco común encontrar este tipo de desarrollos, a pesar de las grandes ventajas que se reportan en la literatura como conectividad y velocidad de respuesta, bajo consumo energético y hardware correctamente configurado [4].

La educación 4.0 avanza a un ritmo sin precedentes, según los reportes del Foro Económico Mundial donde uno de los tópicos centrales es la selección del talento con capacidades específicas en el pensamiento computacional para potencializar sus habilidades, otros puntos relevantes se encuentran el aprendizaje de máquinas y tecnologías para procesamiento de lenguaje natural (NLP) [5]. Para ello la educación juega un papel fundamental creando las bases necesarias en los estudiantes para que desarrollen habilidades específicas en estos campos y es allí donde la implementación de técnicas STEM para desarrollar estas habilidades entran a jugar un papel fundamental [2].

La educación usualmente tiene una tendencia tradicional y requiere adaptarse a los cambios tecnológicos que aparecen con el avance del tiempo para garantizar que los estudiantes y profesionales en formación desarrollen las habilidades necesarias para enfrentarse al mundo laboral. Se ha identificado que para el éxito de la Educación 4.0 el entrenamiento y la cualificación de los tecnólogos y profesionales universitarios serán un escalón fundamental para afrontar los retos y requerimientos de la industria [2], [5].

Se describen tres características de la nueva educación en Industria 4.0 [6]:

- *“Programación científica como el nuevo lenguaje de comunicación entre los ingenieros y las máquinas.*
- *Desarrollo empresarial con enfoque en la innovación que facilitará la revolución de las tecnologías sobre la evolución de la tecnología.*
- *Aprendizaje analítico porque el conocimiento de lo intangible como las señales digitales serán de obligatorio entendimiento en todas las disciplinas” [6].*

Como respuesta al surgimiento de la industria 4.0, los sistemas educativos se han visto obligados a dar respuesta con acciones como implementar nuevos programas, modificar los existentes o dinamizar las estrategias educativas, para cerrar las brechas entre la demanda laboral de habilidades con miras a la implementación de tecnologías y la preparación de los estudiantes [7]. Se empieza a llamar a estos cambios en la educación como Educación 4.0, en donde los estudiantes son los responsables de formar nuevos procesos lógicos para adaptarse y generar respuestas a los

problemas que se presentan en la vida diaria [8]. Es aquí donde cobra importancia incluir actividades de formación académicas específicas para desarrollar estas habilidades.

Con base en esta situación se plantea el siguiente interrogante *¿es posible que un robot implemente la tecnología de los celulares para su funcionamiento constituyéndose en un modelo de fácil adaptación para desarrollar habilidades específicas en los estudiantes en áreas STEM?*

Para responder a esta pregunta se plantean los siguientes objetivos para este trabajo.

1.1 Objetivo general

- Diseñar un modelo de integración de robótica educativa y dispositivos móviles para la enseñanza de las áreas STEM, dentro del contexto de la Educación 4.0.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los componentes de la Educación 4.0 que se utilizan en la enseñanza de las áreas STEM.
- Examinar los componentes de los módulos existentes de robótica educativa y dispositivos móviles.
- Integrar un conjunto de elementos de un módulo de robótica educativa y dispositivos móviles, a partir de los estudios adelantados previamente.
- Validar el modelo propuesto integrando robótica educativa y dispositivos móviles, por medio de un prototipo conceptual a un caso de estudio en la enseñanza STEM.

Para desarrollar estos objetivos se abordan en cuatro fases, las cuales se detallarán en el presente trabajo, de la siguiente manera:

Fase 1: Caracterización de los componentes de la Educación 4.0 que se utilizan en la enseñanza de las áreas STEM.

Fase 2: Módulos de robótica educativa y celulares.

Fase 3: Modelos de integración robótica educativa y celular.

Fase 4: Validación del modelo.

2 Caracterización de componentes de la educación 4.0

2.1 Contexto General de la educación 4.0.

En la actualidad el modelo tradicional estandarizado de aprendizaje directo en la educación fue influenciado en gran medida por las necesidades de la primera y segunda revoluciones industriales, cuando la producción en masa de talento uniforme se utilizó para llenar trabajos repetitivos y orientados a procesos de fabricación en masa. Aunque la mayoría de los sistemas educativos han seguido funcionando como siempre, la innovación ha llevado a las economías hacia nuevos modelos de productividad. La tercera y cuarta revoluciones industriales introdujeron la automatización de la producción y la admisión de algo intangible como la creación de valor. Estos nuevos impulsores del crecimiento profesan cambios en las habilidades requeridas para contribuir a la economía y las formas en que las personas trabajan, planteando preguntas sobre la adecuación de los sistemas educativos actuales en mantener el ritmo de estos cambios [10].

Muchos de los niños en edad escolar de hoy trabajarán en nuevos tipos de actividades que aún no existen, la mayoría de los cuales probablemente tengan un mayor dominio en las habilidades digitales y socioemocionales. En un mundo cada vez más interconectado, se espera que los futuros trabajadores colaboren con pares que residen en varias partes del mundo, comprendan los matices culturales y en muchos casos, utilicen herramientas digitales para permitir estos nuevos tipos de interacciones [10]. Esto se ha evidenciado con el aislamiento social generado como respuesta a la crisis que generó el COVID-19 a nivel mundial.

Sin embargo, muchos sistemas educativos y las economías en desarrollo aún dependen en gran medida de formas pasivas de aprendizaje centradas en la instrucción directa y la memorización, en lugar de métodos interactivos que promueven el pensamiento crítico e individual necesario en la economía actual impulsada por la innovación.

A través del tiempo la educación siempre se ha visto influenciada por el desarrollo económico contemporáneo y debe adaptarse a favor cubriendo las necesidades que el entorno monetario demanda en su momento, de forma muy rápida se presenta un recuento de los enfoques de la educación de acuerdo con su contexto histórico.

La educación 1.0 respondió a la necesidad de la sociedad agrícola, se desarrolla en el contexto de la primera revolución industrial y el conocimiento se transfiere del profesor al alumno, utilizando los conceptos y un estudio exhaustivo. El alumno sigue al maestro que se centró en la explicación como método principal [15].

La Educación 2.0 respondió al requerimiento de la sociedad industrial con el concepto de enseñanza para aprender a realizar tareas específicas en lugar de ser creativo. La educación en esta era estaba en línea con la producción en masa de la segunda revolución industrial, donde las instituciones educativas eran como una planta industrial. Es decir, el estudiante es como un producto, el plan de estudios es como especificación del producto, el examen es como un control de calidad, un certificado o el diploma es como un documento de garantía y la institución educativa es como una marca del producto [15].

La Educación 3.0 abordó la necesidad de la “*sociedad tecnológica*” en donde se crea conocimiento para apoyar el autoaprendizaje. La educación en esta era utiliza tecnología de aprendizaje en forma de materiales didácticos, medios digitales y redes sociales. Se centra en el aprendizaje interactivo [15] se busca que los estudiantes estén en capacidad de ampliar y generar conocimiento [16].

La Educación 4.0 satisface las necesidades de la sociedad en la “*era innovadora*”. Busca ayudar a desarrollar la capacidad del alumno para aplicar la nueva tecnología y desarrollarse de acuerdo con los cambios en la sociedad [15]. Este enfoque permite al alumno crecer con conocimientos y habilidades para toda la vida, que puede utilizar en todos los campos desde lo personal hasta lo laboral [10].

La robótica educativa también conocida como robótica pedagógica se utiliza como referencia a un espacio de aprendizaje más no a la robótica industrial. El propósito de utilizar la robótica en la educación es desarrollar en el alumno competencias básicas que generen aprendizajes que a su vez le permitan desenvolverse en la sociedad actual, dichas competencias son entre otras: aprendizaje colaborativo y toma de decisiones en equipo [16].

Los ambientes de aprendizaje generados por la robótica educativa están basados en la acción del estudiante posicionándolo en un rol activo y protagónico de su propio proceso de aprendizaje. De esta manera el estudiante puede pensar, imaginar, decidir, planificar, anticipar, investigar, hacer conexiones con el entorno, inventar, documentar y realimentar a otros compañeros [17].

La robótica es utilizada como un medio o didáctica de enseñanza que ha permitido el fortalecimiento de las habilidades creativas, de aprendizaje y de diseño orientadas a problemas reales de una sociedad [18].

Entre los resultados palpables en primera instancia con la implementación de la robótica educativa se puede observar que cuando los estudiantes logran que el robot ejecute las acciones programadas, se incrementa la autosatisfacción y el deseo de intentar realizar cosas nuevas, con ello se logra estimular la curiosidad en temas relacionados con la tecnología: áreas tales como matemáticas, ciencias e ingeniería, que están ligadas a la tecnología [16] y son el núcleo básico de las áreas STEM.

Desde la década de los años 90 con el surgimiento de la Educación 3.0, se identificó la necesidad de tener perfiles completos en estas áreas transversales que involucraran un dominio de las matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería. Fue entonces cuando la National Science Foundation (NSF) acuñó el acrónimo STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) con un enfoque educativo en el cual ha demostrado tener buenos resultados en el fortalecimiento de estas áreas específicas y ha tenido gran aceptación a nivel mundial generando puentes entre la academia y la industria.

Como lo menciona Jiménez en [2] “*Es conveniente que mediante las TIC se genere interés y fortalecimiento de las áreas STEM en los estudiantes*” las cuales están encaminadas al fortalecimiento de las habilidades de los estudiantes para afrontar problemas del mundo real y actual.

En el contexto colombiano, la adopción de las metodologías STEM ha tomado fuerza, con grandes actores desde la academia que han trabajado juntos como la Universidad Nacional de Colombia y la

Universidad de los Andes en convenio con el Ministerio de Educación Nacional (MEN) han participado en programas y desarrollos para mejorar la educación STEM en el país [19]. Actualmente se gestan programas gubernamentales para fortalecer la enseñanza STEM.

La ministra TIC de Colombia en el artículo [20] expone la situación actual de cobertura colombiana de acceso a internet, y propone un plan para aumentar la cobertura en un 15% en los próximos 4 años, dando un panorama alentador para la implementación de tecnologías basadas en internet móvil y sus posibles aplicaciones, porque con ello una cifra superior al 50% de la población tendrá acceso a las redes de internet.

2.2 Componentes de la educación STEM

La educación STEM tiene como principal objetivo potenciar en los estudiantes habilidades y competencias para la investigación, desarrollar el pensamiento crítico, el planteamiento de solución a problemas, incrementar la aplicación de la creatividad, implementando técnicas efectivas de comunicación y colaboración entre los estudiantes.

En la Ilustración 1 se representa de forma gráfica los componentes y objetivos de la educación STEM y su objetivo base.

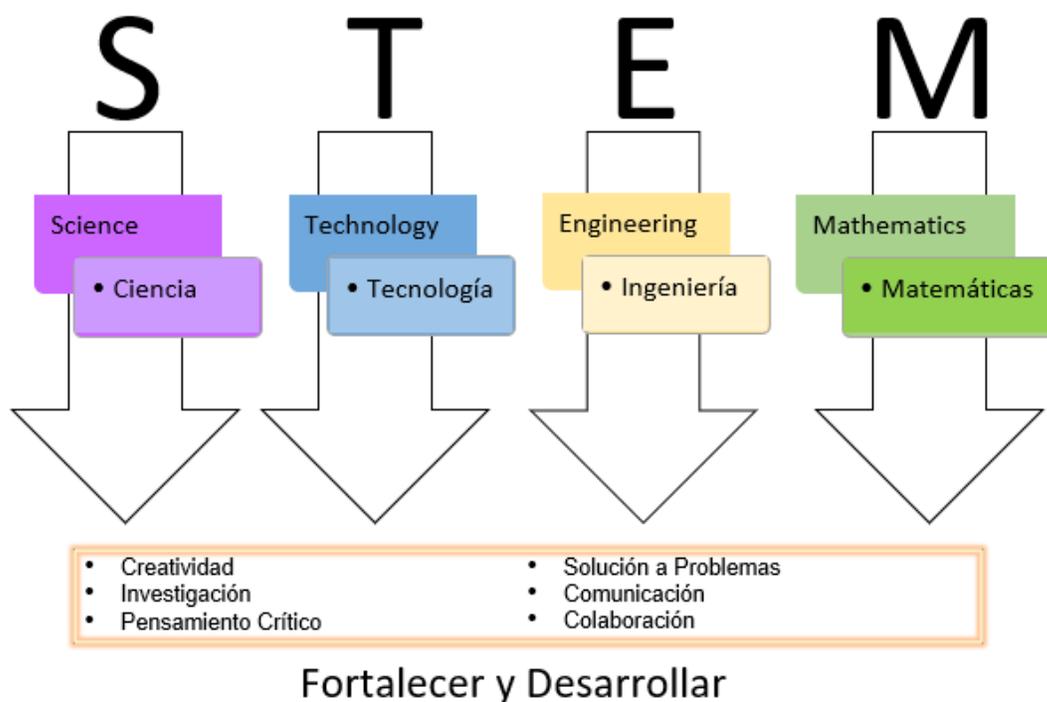


Ilustración 1 Objetivo de la educación STEM

2.3 Habilidades requeridas en el contexto de la educación 4.0

Como lo identifican los autores en su publicación *“la Educación 4.0 tiene el propósito de construir individuos dispuestos a ser creativos e innovadores. Las habilidades para la vida o las habilidades innovadoras para vivir en la era de la Educación 4.0, además de poseer habilidades del siglo XXI que consisten en liderazgo, colaboración, creatividad, alfabetización digital, comunicación efectiva, inteligencia emocional, emprendimiento, ciudadano global, resolución de problemas y trabajo en*

equipo. También tiene que incluir las habilidades de construir una nación o personas inteligentes que están con pensamiento crítico, creatividad e innovación, comprensión intercultural, información y alfabetización mediática, competencias profesionales y de aprendizaje” [15].

En la Tabla 1 se muestra el comparativo entre las habilidades que busca fortalecer la educación STEM y las habilidades objetivo de la educación 4.0.

Tabla 1 Habilidades objetivo para fortalecer y desarrollar

STEM	Educación 4.0
<ul style="list-style-type: none"> ● Investigación ● Pensamiento crítico ● Solución a problemas ● Creatividad ● Técnicas efectivas de comunicación ● Colaboración entre los estudiantes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Innovación ● Liderazgo ● Colaboración ● Creatividad ● Alfabetización digital ● Comunicación efectiva ● Inteligencia emocional ● Emprendimiento ● Ciudadano global ● Resolución de problemas ● Trabajo en equipo

Como se puede observar en Tabla 1 las habilidades objetivo de la metodología STEM están alineadas con los requerimientos objetivos específicos de la educación 4.0, en consecuencia, la implementación de los modelos STEM reforzará el logro, en el desarrollo de habilidades que ubiquen al estudiante en el contexto de la educación 4.0.

En los siguientes apartados se realizará una revisión de los modelos tradicionales y los ubicados en el marco STEM y educación 4.0.

2.4 Modelos de educación tradicional

Los modelos de educación identificados en la pedagogía tradicional y tomada como base para plantear otros modelos y estrategias se describen de forma resumida en la siguiente Tabla 1.

Tabla 2 Modelos pedagógicos de educación

Modelo	Características
Tradicional	Centrado en el docente como fuente de conocimiento. El estudiante adopta un rol pasivo como receptor
Conductista	Centrado en el docente como actor principal y el estudiante adopta un rol de recibir la información, repetir y memorizar, es un sistema basado en premios y castigos con el aprendizaje
Constructivista	Modelo basado en un rol activo del estudiante, el docente busca acompañar al estudiante para construir sus propios conocimientos.

Modelo	Características
Proyectivo	Centrado en que el estudiante desarrolle habilidades y conocimientos con la implementación de proyectos específicos donde el docente tiene un rol de apoyo.

2.5 Modelos de educación basados en educación 4.0

Con el fin de adaptarse a las necesidades de la educación, los modelos educativos deben ajustarse para llenar las expectativas de formación de los estudiantes. Esto ha obligado a que los programas educativos deban reformularse de una manera innovadora tanto para los educadores como para los estudiantes [26]. Generando variantes de los modelos tradicionales constructivistas y proyectivas, donde el profesor comienza a tomar un rol de asesor que acompaña el estudiante en su proceso de aprendizaje y le ayuda a reforzar dichos conocimientos con actividades, buscando a su vez y brindando la libertad necesaria para que el estudiante desarrolle sus propias habilidades.

Este modelo de educación 4.0 busca aprovechar todas las herramientas digitales disponibles para fortalecer el aprendizaje, desplazando el lugar de aprendizaje fuera de las aulas tradicionales, haciendo uso de videos, clases, seminarios o eventos virtuales, *e-books*, tutoriales, cursos complementarios entre otros, y así se brinda la libertad al estudiante de acceder a la educación desde un entorno de su preferencia en sus propios tiempos, lo que permite centrar las actividades del aula en generar interacción social para aplicar los conocimientos adquiridos y reforzarlos con la construcción discusiones, debates, análisis de casos, soluciones de problemas con un alto grado de participación y trabajo en equipo, lo que permiten potencializar las habilidades sociales.

Para el caso de Colombia específicamente como lo identifica el investigador Usaquén en su artículo [27], fruto de la investigación y recopilación de información de diferentes autores y la aplicación de una encuesta específica para priorizar los retos aplicables al ámbito colombiano, la implementación y adaptación del modelo educativo para ajustarse por los retos de la educación 4.0, tiene grandes desafíos que debe afrontar entre ellos y los clasificados como más importantes son:

- *“Adaptación y creación de contenidos y metodologías.*
- *Desarrollar habilidades para el mundo laboral 4.0.*
- *Manejo y adaptación de distintas plataformas.*
- *Cambio de mentalidad.*
- *Motivación de estudiantes y profesores.” [27]*

En la siguiente ilustración se muestra un mapa conceptual comparativo entre las habilidades objetivo de la robótica educativa, la educación STEM y la educación 4.0.

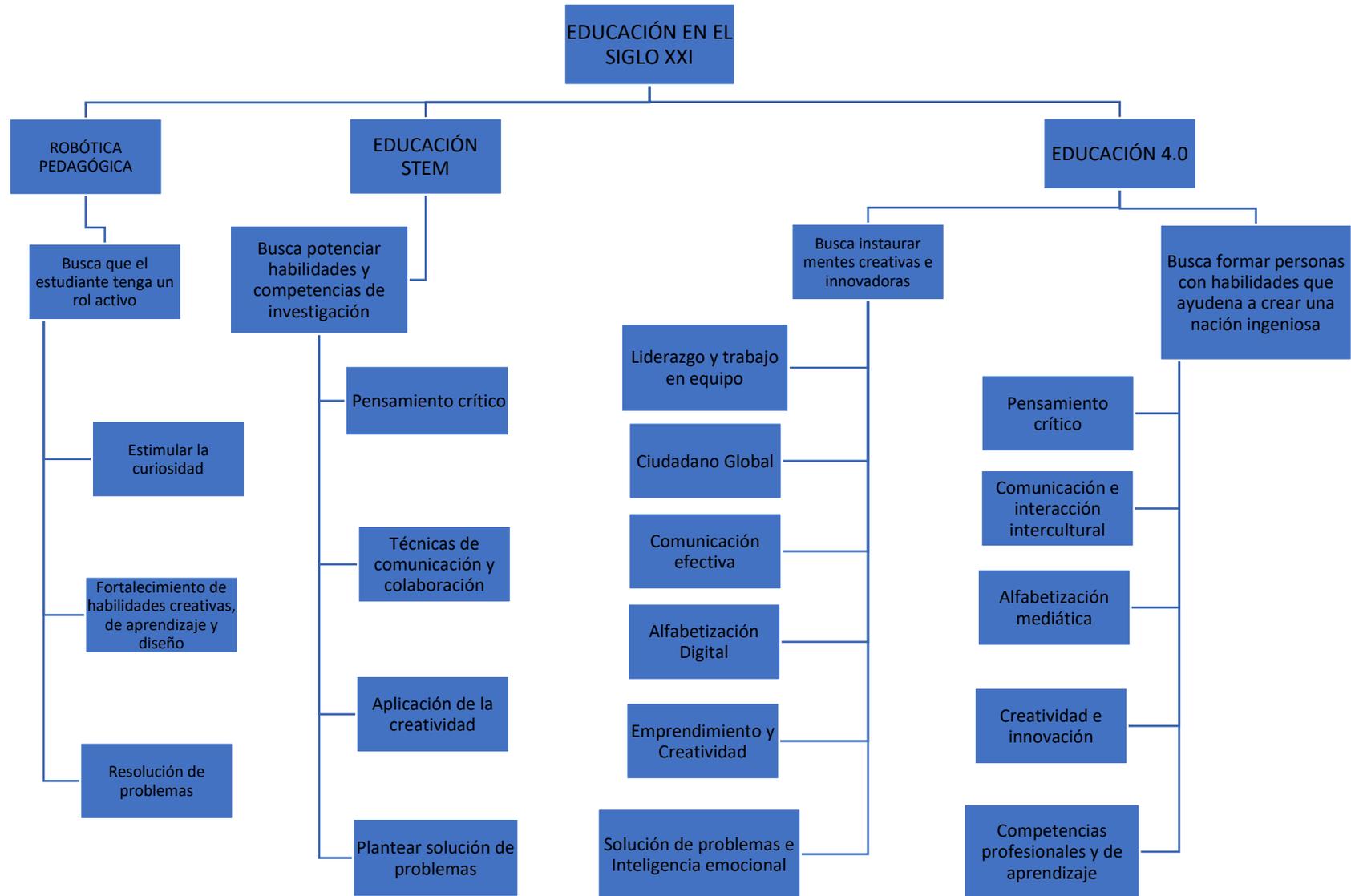


Ilustración 2 Mapa Conceptual objetivo de la robótica educativa, la educación STEM y la educación 4.0

3 Módulos de robótica educativa

Durante los últimos años, se ha introducido considerablemente la tecnología en los procesos de aprendizaje, utilizándose como una herramienta de apoyo para potenciar las capacidades y habilidades que ayudarán a crear mentes orientadas a la solución de problemas reales de una sociedad y capacitadas para adaptarse a los cambios sociales y desarrollar las funciones, tareas y exigencias del siglo XXI.

La implementación de robots en áreas como las matemáticas, ciencia, ingeniería y tecnología contribuye al desarrollo del pensamiento crítico, a plantear solución a problemas y además fomenta la cooperación, impulsando así la creatividad y el ingenio [28].

Esta es una oportunidad que ha sido aprovechada por algunas empresas fabricantes de juguetes o componentes eléctricos, para incluir en sus portafolios líneas de servicio dedicadas a brindar una solución para educación y práctica de la robótica que se detallarán más adelante.

3.1 Robots educativos

Un robot educativo es un dispositivo tecnológico diseñado para intervenir en el desarrollo cognitivo de las áreas STEM, posibilitando el aprendizaje mediante la práctica, creatividad e imaginación.

Seymour Papert, quien fue el autor intelectual de usar la tecnología como herramienta de apoyo en la educación en 1980, planteó que “el conocimiento es más efectivo, cuando los estudiantes experimentan y descubren cosas por sí mismos” este planteamiento ha sido la base para que el mundo de la programación se interesara en crear robots que pudieran incorporarse a la educación [28].

Las empresas dedicadas al desarrollo de juguetes didácticos educativos que se han involucrado con la línea robótica, han diseñado kits robóticos con distintas características que aportan al proceso de aprendizaje. Estos kits están compuestos por piezas, sensores, comandos, controles y mecanismos que cumplen con diversas funciones específicas. Incluye manuales y guías prácticas para permitir que el usuario logre armar el robot, y comprender los conceptos involucrados en el proceso. Se incluyen capítulos de información complementaria acerca de los principios que rigen el proceso, algunos robots incluso pueden configurarse de diferentes formas logrando que un kit sea utilizado para experimentar diferentes configuraciones, dejando abierto el campo a la creatividad y recursividad de los usuarios.

Existen varias empresas internacionales dedicadas a este mercado, de las cuales en este artículo se mencionan las que tienen mayor presencia y representación en el ámbito colombiano. Entre ellas se encuentran Lego, Pygmalion Tech y Vex Robotics, entre otras.

En la siguiente ilustración se ilustra de forma simplificada el funcionamiento de un robot y sus componentes.

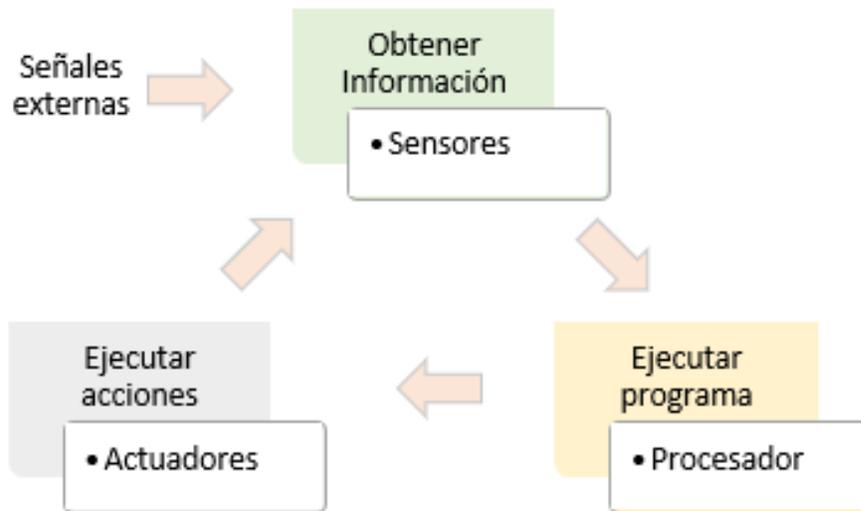


Ilustración 3 Lógica básica del funcionamiento de un robot

3.2 Mecanismos de sensado

Los sensores son el medio por el cual el robot puede percibir información externa del medio circundante, con esta información el robot procesa su lógica programada para generar una reacción en consecuencia, la cual se verá reflejada en los actuadores del robot.

En la robótica existen varios tipos de sensores. Los cuales varían en función de lo que se pretende medir, usualmente estarán enfocados en medir u obtener información de algún fenómeno físico. En la Ilustración 4 se muestran algunos ejemplos de tipos de sensor que se pueden encontrar en los kits de robótica.



Ilustración 4 Tipos de sensores

Para aplicaciones industriales existen sensores especializados para medir variables tan específicas como el volumen de oxígeno, gases particulares como el metano y otras variables según sea la aplicación, en los kits de robótica educativa. Estos no son utilizados debido a su alto costo. Sin embargo, la forma de programar un lazo de control con estas variables obedece al mismo principio para programar lazos de control más sencillos.

Los sensores como tal tienen un amplio abanico de posibilidades dependiendo de la tecnología implementada y deben ser escogidos para las aplicaciones específicas, por ejemplo, para medir distancia se pueden encontrar sensores clasificados según su principio de funcionamiento sea inductivo, capacitivo, ultrasónico o infrarrojo. Lo anterior es objeto de estudio para los casos donde los usuarios decidan llevar los conocimientos básicos adquiridos con un módulo de robótica a un contexto de aplicación real, para efectos de los kits de robótica los sensores que se incluyen en esencia tienen una relación costo/beneficio óptima y sencillez en su aplicación.

Dependiendo del objetivo que va a cumplir el robot, se deben incluir los sensores que le permitan obtener la información necesaria para actuar y cumplir con su función.

3.3 Mecanismos de Efectores

Los mecanismos efectores o actuadores son los encargados de transformar una señal de control en un movimiento, esto permite al robot realizar acciones para cumplir con la tarea o función que se haya programado. Estos mecanismos están conformados por sistemas de accionamiento, sistemas de transmisión, sistema reductor y sistemas de control.

Los mecanismos actuadores se clasifican en 3 tipos según el tipo de energía empleada para funcionar, como se muestra en la imagen a continuación.

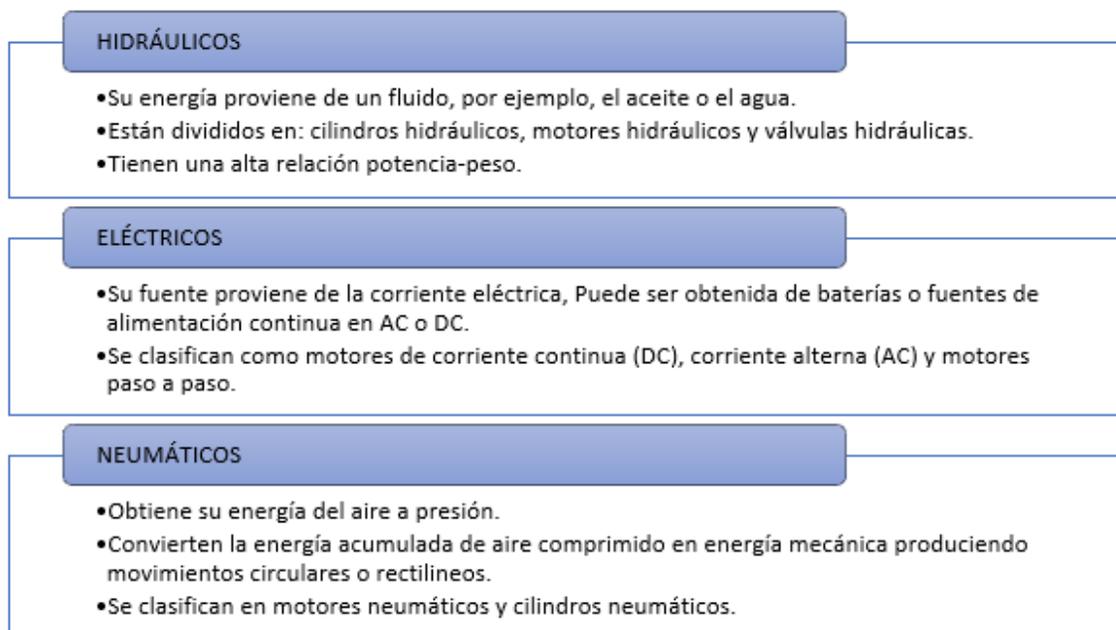


Ilustración 5 Clasificación de los mecanismos actuadores

Para efectos prácticos en los kit de robótica educativa se emplean actuadores eléctricos, los cuales se alimentan desde la fuente de poder común de los sensores y sistema de control (usualmente baterías), sin requerir fuentes adicionales de líquido o aire comprimido, las cuales requieren bombas o compresores e involucran el manejo del fluido con tuberías, pero en las aplicaciones industriales donde se requiere de fuerza y velocidad, los actuadores hidráulicos y neumáticos juegan un papel fundamental.

3.4 Mecanismos de procesamiento

Una parte fundamental para el funcionamiento del robot consiste en el procesamiento de la información que obtiene de fuentes externas y procesar esta información según su programación.

Para ello los robots deben contar con un procesador adecuado que les permita procesar las señales de entrada y controlar los actuadores relacionados, según el fabricante el procesador tiene un lenguaje de programación y el software asociado para crear y cargar el código y programa. Los fabricantes de kit de robótica educativa tienen un amplio desarrollo de librerías con subrutinas programadas, con el propósito de ahorrar tiempo y facilitar la interacción de los usuarios. Además, permite que una persona sin conocimientos específicos en programación con dicho lenguaje logre configurar el robot.

Estos controladores dependiendo del fabricante y modelo pueden brindar la opción al usuario de realizar programación directamente sin requerir de un computador, en la Ilustración 6 se puede ver el controlador EV3 utilizado por Kit Lego MindStorm EV3, y en la Ilustración 7 puede observar el controlador VEX IQ Robot Brain.



Ilustración 6 EV3 Intelligent Brick ¹

¹ Imagen tomada de <https://www.lego.com/en-us/product/ev3-intelligent-brick-45500>



Ilustración 7 VEX IQ Robot Brain²

Comercialmente la robótica educativa es un mercado en expansión y hoy en día se pueden adquirir multitud de tarjetas microcontroladoras de bajo costo y gran versatilidad las cuales ganan mayor participación en la aplicación para prácticas educativas e investigación, adicionalmente son de software abierto para que el usuario realice la programación en su lenguaje o interfaz preferida.

Las marcas líderes mundialmente más conocidas en este segmento son Arduino, Raspberry Pi y BeagleBoard que pueden ofrecer prestaciones muy interesantes de procesamiento y expansión mediante tarjetas de expansión para adaptarse a todo tipo de aplicaciones. Estas tarjetas requieren que su programa se realice desde la interfaz de un computador, tienen disponibles librerías para facilitar el proceso según el fabricante y también existen *plugin* para realizar programación con diagramas de bloques o habilitar conexiones con plataformas como Matlab, una vez finalizado y compilado el programa se carga en la tarjeta para su implementación.

Los controladores tipo bloque/ladrillo programable como el Lego o el VEX IQ son muy utilizados en las aplicaciones educativas porque tienen la facilidad de modificar el programa directamente en sitio, sin embargo, sus costos son mayores comparados con respecto a las tarjetas microcontroladoras. En la Tabla 3 *Comparación de los tipos de controladores* se puede ver una comparación gráfica de las características generales y los valores comerciales aproximados.

Tabla 3 *Comparación de los tipos de controladores*

² Imagen tomada de <https://www.vexrobotics.com/robot-brain.html#vln2wgj>

Procesador	Características Principales	Precio
<p>EV3 Intelligent Brick [29]</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Procesador ARM 9 basado en sistema operativo Linux ● Puertos (4) de entrada para adquisición de data hasta 1000 muestreos por segundo ● Puertos (4) de salida para ejecución de comandos ● Memoria integrada para almacenar el programa 16 MB de Flash y memoria RAM de 64 MB ● Puerto Mini SDHC, lector de tarjetas expandible hasta 32 GB ● Interfaz iluminada, tres colores, seis botones para indicar el estado del ladrillo ● Pantalla de alta resolución de 178x128 pixeles que permiten la visualización detallada de gráficos y la observación de datos del sensor. ● Alta voz de alta calidad. ● Programación en ladrillo y registro de datos que se pueden cargar en el software EV3. ● Comunicación de computadora a ladrillo a través de USB integrado o dongles externos de Wi-Fi o Bluetooth. ● Host USB 2.0 que permite vincular los ladrillos en una cadena tipo margarita, permite la comunicación Wi-Fi y la conexión a memorias USB. ● Funciona con 6 baterías AA o la batería de CC recargable de iones de litio EV3 de 2050 mAh. 	225 USD
<p>VEX IQ Robot Brain [30]</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● El VEX IQ Robot Brain tiene 12 puertos idénticos. Conecta cualquier dispositivo VEX IQ en cualquier puerto y reconoce automáticamente el dispositivo (compatible con productos de la misma línea). Los dispositivos incluyen: Motor, Sensor de distancia, Sensor de color, Sensor de Giro, Led Touch, y suiche de brazo/parada. ● El VEX IQ Robot Brain tiene cargados programas por defecto para facilitar el proceso de puesta en marcha. ● No requiere programación por medio de un computador. ● La pantalla LCD hace VEX IQ simple de usar. Usando una interfaz simple de 4 botones ● Conexión inalámbrica desde un dispositivo móvil. ● Puerto USB 2.0 para programación ● (12) Puertos inteligentes para conectar motores y sensores. 	115 USD
<p>BeagleBoard back [31]</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Procesador: Texas Instruments Sitara AM5729 ● Subsistema de Doble brazo con microprocesador Arm® Cortex®-A15 ● DSP VLIW de punto flotante C66x 	53 USD

Procesador	Características Principales	Precio
	<ul style="list-style-type: none"> ● Memoria 2.5MB de RAM L3 en chip ● 2 coprocesadores dual Arm® Cortex®-M4 ● Motores de visión embebidos 4x (EVEs) ● 2x unidad de tiempo real programable de doble núcleo y subsistema de comunicación industrial (PRU-ICSS) ● Subsistema de aceleradora gráfica 2D (BB2D) ● GPU PowerVR® SGX544™ 3D de doble núcleo. ● Subsistema IVA-HD (4K @ 15fps H.264, 1080p60 para otros) ● Compatibilidad con cabezal BeagleBone Black ● Memoria 1GB RAM y 16GB flash en eMMC en placa con interfaz de alta velocidad. ● Puerto USB tipo C para poder y súper velocidad controlador de doble función. ● Puerto Gigabit Ethernet, 2.4/5GHz Wi-Fi y Bluetooth ● Puerto micro HDMI. 	
<p>Raspberry Pi 4 [32]</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Microcontrolador Broadcom BCM2711, SoC de 64 bits Cortex-A72 (ARM v8) de cuatro núcleos a 1.5GHz ● Memoria Ram 2GB, 4GB o 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (depende del modelo) ● Conexión Wi-fi 2.4 GHz y 5.0 GHz IEEE 802.11ac, Bluetooth 5.0, BLE ● Conexión Gigabit Ethernet ● Puerto USB 3.0; 2 puertos USB 2.0 ● Raspberry Pi estándar de 40 pines I/O Cabezal Compatible con versiones anteriores. ● Puerto micro-HDMI (Soporta hasta 4kp60) ● Puerto 2-lane MIPI DSI display. ● Puerto 2-lane MIPI CSI camera ● Puerto 4-polos estéreo audio y video compuesto ● H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode) ● Gráficos OpenGL ES 3.0 ● Tarjeta Bahía Micro-SD para cargar el sistema operativo ● Conector 5V DC vía USB-C (mínimo 3A*) ● Cabezal 5V DC vía GPIO (mínimo 3A*) ● Temperatura de operación: 0 – 50 °C ambiente 	<p>Desde 35 USD dependiendo del modelo</p>
<p>Arduino uno [33]</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Microcontrolador ATmega328P ● Voltaje de operación 5V ● Voltaje de entrada (recomendada) 7-12V ● Límite de voltaje 6-20V ● Pines Digitales 14 I/O (6 salida PWM) 	<p>25 USD</p>

Procesador	Características Principales	Precio
	<ul style="list-style-type: none"> ● Pines Digitales I/O PWM 6 ● Pines Análogos 6 ● DC Corriente por pin I/O 20 mA ● DC Corriente por pin 3.3V, 50 mA ● Memoria Flash 32 KB (ATmega328P) ● SRAM 2 KB (ATmega328P) ● EEPROM 1 KB (ATmega328P) ● Velocidad de reloj 16 MHz ● Led incorporado 13 ● Largo: 68.6 mm ● Ancho: 53.4 mm ● Peso: 25 g 	

3.5 Sensores de los dispositivos móviles

Los dispositivos móviles cuentan con unas características especiales que los diferencian de otros dispositivos, son fáciles de desplazar por su tamaño pequeño, facilitan el acceso a internet desde cualquier lugar ya que cuenta con conexión inalámbrica por lo que no necesita cables para acceder a una red, y además posibilita la interacción entre personas, puesto que están diseñados para comunicarse con otros dispositivos móviles y su sistema permite el uso de aplicaciones sociales. Estos dispositivos no solo son los celulares, existen múltiples tipos de aparatos móviles, como la Tablet, ordenadores portátiles, eReaders y muchos más. Los dispositivos móviles más utilizados son los celulares o smartphones ya que desempeñan un papel muy importante en la sociedad actual, porque sus características y componentes los hacen ser imprescindibles para cumplir con los deberes y obligaciones del día a día.

Un teléfono móvil simple, está compuesto por un micrófono, altavoz, pantalla de cristal o plasma, teclado, antena, batería, placa de circuitos y un microprocesador encargado de ejecutar todos los programas y aplicaciones desde su sistema operativo, funcionando mediante un lenguaje binario.

El Smartphone es un teléfono que combina la capacidad del teléfono móvil y la de un ordenador. Este artefacto permite guardar información, descargar aplicaciones, tener acceso al correo electrónico y un sistema fácil de utilizar por los usuarios.

Los Smartphone de gama baja tienen un almacenamiento reducido y una capacidad de procesamiento limitada, por lo que se reduce el número de aplicaciones que puede ejecutar de forma paralela, y la carga del teléfono dura más tiempo porque los procesadores pequeños consumen menos energía. En cambio, los Smartphone de gama alta son dispositivos más potentes que permiten disfrutar de una gran variedad de aplicaciones, ofrecen sistemas operativos más modernos y tienen mayor capacidad de memoria. Los primeros sistemas operativos de los Smartphones fueron Symbian OS, Palm OS, Pocket Pc Phone Edition y Microsoft Smartphone 2002 [34].

Las empresas de tecnología modernas, como Apple, Samsung, Xiaomi, LG, entre otros, han incorporado dispositivos con tecnologías avanzadas con más capacidades y funciones, han integrado

a los celulares las videollamadas, pantallas multitareas, cámaras con más megapíxeles, grabación y edición de alta definición, procesadores de doble núcleo y una de las mayores ventajas es el software avanzado que poseen.

Sin embargo, aunque es cierto que los celulares inteligentes cuentan con muchas herramientas útiles y son creados con tecnología moderna, la característica más valiosa y que muchos pasan por alto es la gran variedad de sensores que tienen integrados. Los celulares contienen potentes cámaras digitales, micrófonos, GPS, acelerómetro, giroscopios, sensores de magnetismo, luxómetros, barómetros, termómetros, sensores de humedad del aire, sensores biométricos y muchos más. La mayoría de estos sensores no son perceptibles, pero cumplen trabajos muy importantes en el correcto funcionamiento del teléfono.

Los modelos modernos tienen sensores capaces de identificar el rostro y la voz, leer la huella digital o de iris, códigos de barra o QR, detectar movimientos, e incluso están desarrollando celulares con sensores detectores de UV, sensores gravitatorios y de detección de radioactividad. Además, a los teléfonos más avanzados se les han incorporado sensores externos que por medio de aplicaciones especializadas permiten medir el ritmo cardíaco, la presión sanguínea y los niveles de azúcar en la sangre [35].

Huawei Technologies es una de las empresas de tecnología que fabrica teléfonos inteligentes, entre los tantos productos que ha desplegado se encuentra el Huawei P40 Lite, un ejemplo de teléfonos inteligentes de gama media que se puede encontrar ahora mismo en el mercado. Este teléfono funciona con un sistema operativo móvil Android que cuenta con una pantalla LCD de 6,4 pulgadas, con más de 16 millones de colores de pantalla, este teléfono tiene tres procesadores (Huawei Kirin 810, CPU: Octa - Core y 2 x Cortex-A76 2,27 GHz + 6 x Cortex - A55 1,88 GHz), además tiene un sistema operativo EMUI 10.0.1 basado en Android 10.0, una memoria de 6 MB de RAM + 108 GB de ROM, tarjeta SD NM, hasta 256 GB, una cámara delantera de 16 megapíxeles y la trasera con hasta 3 diferentes lentes, batería de 4.200 mAh, varias redes y una amplia gama de sensores como el sensor de huella dactilar, de proximidad, luz ambiental, brújula digital y sensor de gravedad.

Por otro lado, tenemos el Iphone 12 uno de los Smartphone de más alta gama fabricado por Apple Inc., la empresa de equipos eléctricos estadounidense más llamativa en el mundo. El Iphone 12 tiene integrado un chip A14 Bionic, el chip más rápido que tienen los Smartphones, además de tener una pantalla OLED resistente al agua y a las caídas el modo noche viene en todas las cámaras. Este es un Smartphone muy novedoso por sus características físicas, al ser más delgado, liviano y pequeño que otros modelos, incluso permite procesar billones de operaciones en el Neural Engine y tiene potencia para cumplir con cualquier desafío. Este Iphone posee un sensor lidar de profundidad, 2 sensores de cámara de 12 megapíxeles, sensor teleobjetivo, de voz, sonido, sensor biométrico y sensor de luz.

3.6 Kits de robótica educativa comerciales

A continuación, se presentan algunos kits de robótica comerciales que se pueden conseguir en Colombia y tienen gran cantidad de componentes para la interacción del usuario

3.6.1 Kit de Robótica Innobot

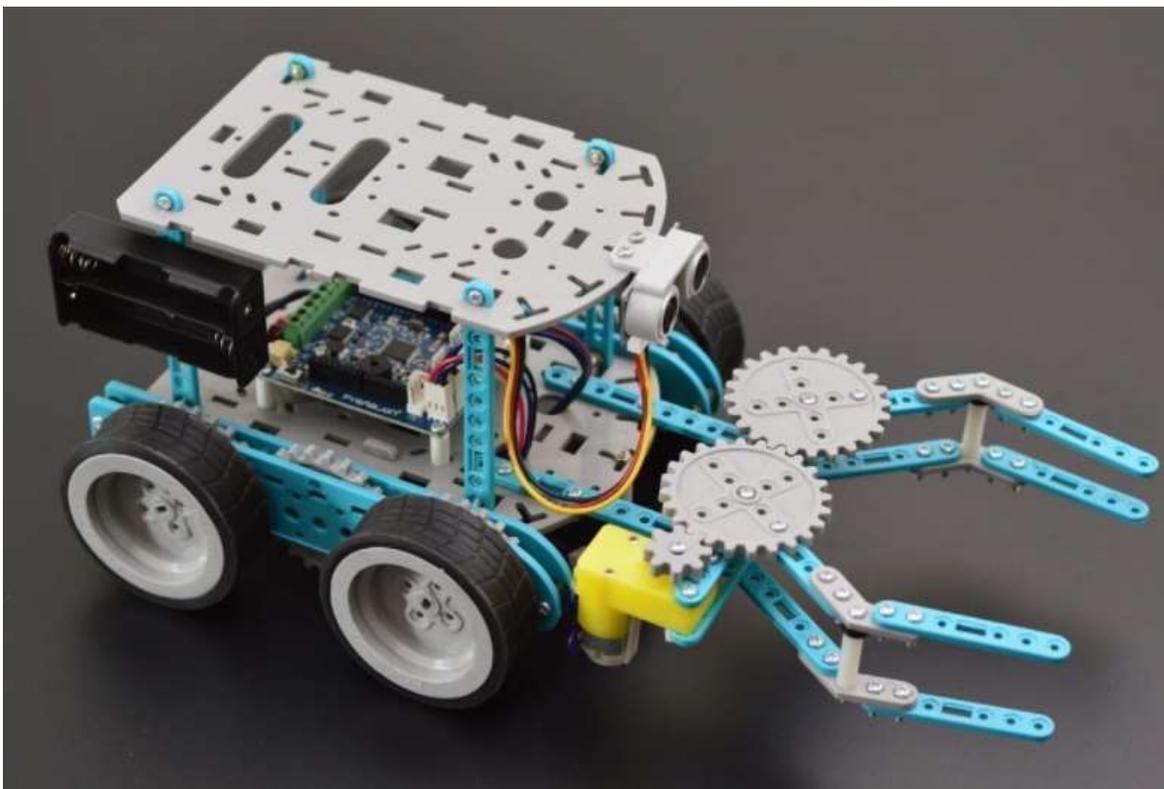


Ilustración 8 Kit de Robótica Innobot ³

Pygmalion Tech, es una de las empresas que se ha unido a la fabricación de robots educativos, su enfoque es promover el desarrollo de competencias y habilidades STEM. Para esto, ha inventado el Kit de Robótica Educativa Innobot, este robot tiene más de cinco funciones, con 350 piezas que permiten desarrollar habilidades en educación STEM, además incluye una tarjeta de control innobot, para aprender a programar, construir, trabajar en equipo, resolver problemas y retos, tres sensores de línea infrarrojo, un sensor ultrasonido, tres motorreductores, cuatro llantas de plástico, un módulo Bluetooth, un cargador, dos baterías 18650, un porta baterías, un cable USB, 100 engranajes, soportes, ejes y uniones, 120 tornillos de diferentes tamaños, tuercas y sujetadores.

Los sensores de línea infrarrojo detectan el radio de radiación electromagnética reflejada en los cuerpos en su campo de visión, identifican los bordes, el color negro y blanco que controlan su movimiento entre líneas o sobre líneas.

Nótese que este kit educativo está basado en Arduino, lo cual hace necesario un computador para modificar la programación, pero favorece su costo notablemente.

³ Imagen tomada de <https://pygmalion.tech/producto/kit-de-robotica-innobot/>

3.6.2 Lego MindStorms EV3



Ilustración 9 Lego MindStorms EV3 ⁴

Lego, es una empresa danesa de juguetes que ha diseñado el sistema de robótica educativa EV3 con la idea de mejorar la experiencia de aprendizaje y motivar a los estudiantes. Lego, dentro de sus productos cuenta con la línea de juguetes de robótica (Lego Mindstorms). En su catálogo se encuentra el Kit Lego MindStorm EV3, un robot diseñado para impulsar la creatividad combinando el sistema de construcción Lego Technic con la tecnología más avanzada desarrollada por Lego que permite diseñar una variedad de robots capaces de caminar, hablar, gatear y otra serie de funciones.

Este Kit contiene un ladrillo inteligente con una capacidad de memoria de 16 MB, 64 MB RAM y un procesador ARM9 a 300 MHz, 2 servomotores grandes y uno mediano, una baliza IR que también actúa como control remoto y 594 piezas de Lego Technic para construcción. El kit cuenta además con un sensor de color, un sensor de contacto y un sensor buscador de IR [36].

⁴ <https://www.lego.com/en-us/product/lego-mindstorms-ev3-31313>

3.6.3 Kit Vex IQ



Ilustración 10 Kit Vex IQ⁵

Vex robotics, es una empresa que tiene como objetivo sumergir a los estudiantes en las STEM a través de la construcción y la programación de robots. Esta empresa ha diseñado una gran variedad de kits tanto de iniciación como para competiciones. La línea Vex IQ es la solución de aprendizaje STEM para primaria y secundaria, Vex EDR o V5 es una de las mejores soluciones robóticas educativas del mundo recomendada para escuelas intermedias, y por último Vex PRO es la línea diseñada para la competición, llevando a la robótica a un nivel nuevo de calidad y rendimiento.

Uno de ellos, es el Super Kit Vex IQ, centrado en la educación STEM y la robótica que cuenta con más de 800 piezas estructurales y de movimiento, cuatro motores inteligentes, cerebro de robot, controlador, baterías, radios inteligentes y siete sensores (interruptor de parachoques, sensores de luz, sensor giroscópico, sensor de distancia y de color) para conducir los robots o programarlos para que funcionen de forma autónoma [37].

En la siguiente tabla se realiza una comparación entre los sensores que traen incorporados los kits de robótica educativa descritos previamente y dos dispositivos móviles que se pueden encontrar con relativa facilidad en el ámbito de los jóvenes colombianos.

⁵ <https://www.vexrobotics.com.co/228-2500.html>

Tabla 4 Comparación entre los sensores de los kits de robótica educativa y de los dispositivos móviles

	Kit de robótica Innobot	Kit Lego Mindstorms EV3	Kit Vex IQ	Huawei P40 Lite	iPhone 12
Procesador	Tarjeta programable - Arduino	ARM9	Vex IQ Brain	Kirin 810	Apple A14 Bionic
Sensores	<ul style="list-style-type: none"> o Sensor de línea infrarrojo o Sensor ultrasonido 	<ul style="list-style-type: none"> o Sensor de color o Sensor de contacto o Sensor buscador de IR 	<ul style="list-style-type: none"> o Interruptor de choques o Sensor de luz o Sensor giroscópico o Sensor de distancia o Sensor de color 	<ul style="list-style-type: none"> o Sensor de huella o Sensor de proximidad o Sensor de luz ambiental o Brújula digital o Sensor de gravedad o Sensores de cámara o Acelerómetro o Giroscopio o Sensor de proximidad o Sensor de sonido o GPS 	<ul style="list-style-type: none"> o Sensor lidar de profundidad o Sensores de cámara o Sensor de sonido o Sensor biométrico o Sensor de luz ambiental o Acelerómetro o Barómetro o Giroscopio o Sensor de Proximidad o Brújula digital o GPS
Actuadores	Motorreductores	Servomotor Interactivo	4 Smart motor		
Lenguaje de programación	Software Pygmalion IDE	Make code (Microsoft)	Software Vex IQ Firmware	Java y Kotlin	Swift
Precio	440.000 + IVA	3.000.000 + IVA	2.349.762 + IVA	1.499.900 + IVA	4.499.000 + IVA

En la información recopilada y comparada se observa la gran diferencia en el costo de implementación de los kits de robótica basados en tarjetas integradas, como Arduino o Raspberry pi, nótese que el kit de robótica de Innobot tiene un valor mucho menor con respecto a las otras opciones.

Como se evidencia la robótica educativa permite introducir la tecnología en la educación, potencia el desarrollo cognitivo por medio de la construcción y programación de robots, los kits de robótica están equipados con piezas y mecanismos que motivan a los estudiantes y cumplen un papel activo en su proceso de aprendizaje, fortaleciendo las habilidades requeridas para la industria 4.0.

Los kits de robótica tienen en común lo siguiente para su funcionamiento, una serie de sensores integrados que permiten recopilar y procesar la información del medio y con ello cumplir con su objetivo, en la siguiente unidad se planteará un modelo para integrar un teléfono inteligente con estos componentes y contribuir a un proceso de formación de los estudiantes.

Una encuesta realizada en la Unidad Educativa del Milenio Ileana Espinel Cedeño con el fin de determinar cuál es el efecto que tiene la robótica en el proceso de enseñanza-aprendizaje, evidenció que la mayoría de estudiantes están interesados en obtener conocimientos en robótica, por lo tanto, les gustaría que las instituciones educativas implementen laboratorios de robótica para el desarrollo de nuevas habilidades y destrezas enfocadas en las áreas STEM por medio de talleres en los que se puede hacer uso de kits de robótica y de la tecnología [40].

Las preguntas realizadas por los autores [40] que permitieron llegar a esta conclusión fueron las siguientes:

1. ¿Cree usted que es necesaria la utilización de los recursos tecnológicos durante las horas de clase?

En esta pregunta el 76% de los estudiantes estuvo de acuerdo con que los docentes implementen el uso de la tecnología en el proceso de enseñanza aprendizaje.

2. ¿Considera usted que el aprendizaje debe ser constructivo y no memorístico?

El 71% de los estudiantes piensa que el aprendizaje no debe ser memorístico, es decir que prefieren utilizar el pensamiento crítico.

3. ¿Te gustaría construir un robot?

Al 76% de los estudiantes le atrae la idea de construir un robot.

4. ¿Te gustaría aprender a programar un robot?

Al 84% de los encuestados les ilusiona poder programar los movimientos de su robot, esto los motiva a hacer uso de una guía didáctica de robótica inicial desarrollada en una aplicación móvil.

5. ¿Piensa usted que se deberían implementar talleres de robótica en las Instituciones Educativas?

La mayoría de los estudiantes estuvo de acuerdo en que se implementen los talleres de robótica en su proceso académico.

6. ¿Piensa usted que se deberían implementar talleres de robótica en las Instituciones Educativas?

La implementación de un laboratorio de robótica en las instituciones educativas llamó la atención del 82% de los encuestados.

7. ¿Considera usted que la robótica en la educación fomenta el desarrollo de la investigación y trabajo colaborativo?

El 69% piensa que la robótica contribuirá en el desarrollo de nuevas destrezas y al trabajo en equipo.

8. ¿Cree usted que con el uso de la robótica desarrollará su pensamiento creativo?

El 85% concuerda en que la robótica les ayudará a mejorar su creatividad y a la vez la lógica, el razonamiento y la imaginación.

9. ¿Cree usted necesario la utilización de dispositivos móviles en el proceso de enseñanza aprendizaje?

El 64% de encuestados considera que los dispositivos móviles permiten el acceso a la información que contribuye al proceso de aprendizaje

10. ¿Usaría una aplicación móvil encaminada a tutoriales para desarrollar robots?

El 74% están de acuerdo con utilizar una aplicación móvil como guía didáctica para la obtención de conocimientos sobre robótica.

4 Modelo de integración robótica educativa y teléfonos celulares

Como se ha revisado en las unidades anteriores los kits de robótica educativa están constituidos por un sistema de procesamiento, un conjunto de sensores para realizar diversas prácticas y los actuadores asociados a una estructura de robot para fines de práctica y demostración.

Se diseña el siguiente modelo que permite aprovechar los sensores presentes en los dispositivos inteligentes móviles (celulares principalmente), para integrarlos en prácticas didácticas y constructivas de robótica educativa. Esto con el fin de aprovechar los sensores ya incluidos en los dispositivos inteligentes, con lo cual se logra disminuir los costos de implementación para tener un modelo funcional, brindando la oportunidad de incluir los últimos desarrollos de software y procesamiento de los celulares para vincularlos a los robots.

4.1 Diseño del modelo físico

El uso más común que se da de los dispositivos móviles en las prácticas de robótica es la implementación del celular como un mando a distancia del robot, donde se hace uso de una aplicación creada con una interfaz de botones programados para enviar determinado comando cuando se presionan. Esta información se comunica al robot por medio de bluetooth, wi-fi, infrarrojo u otro, El robot recibe la información y en su lógica procesa el comando para actuar en consecuencia. Esta es una práctica habitual que brinda un claro ejemplo del potencial y facilidad de integración de los celulares con la robótica educativa.

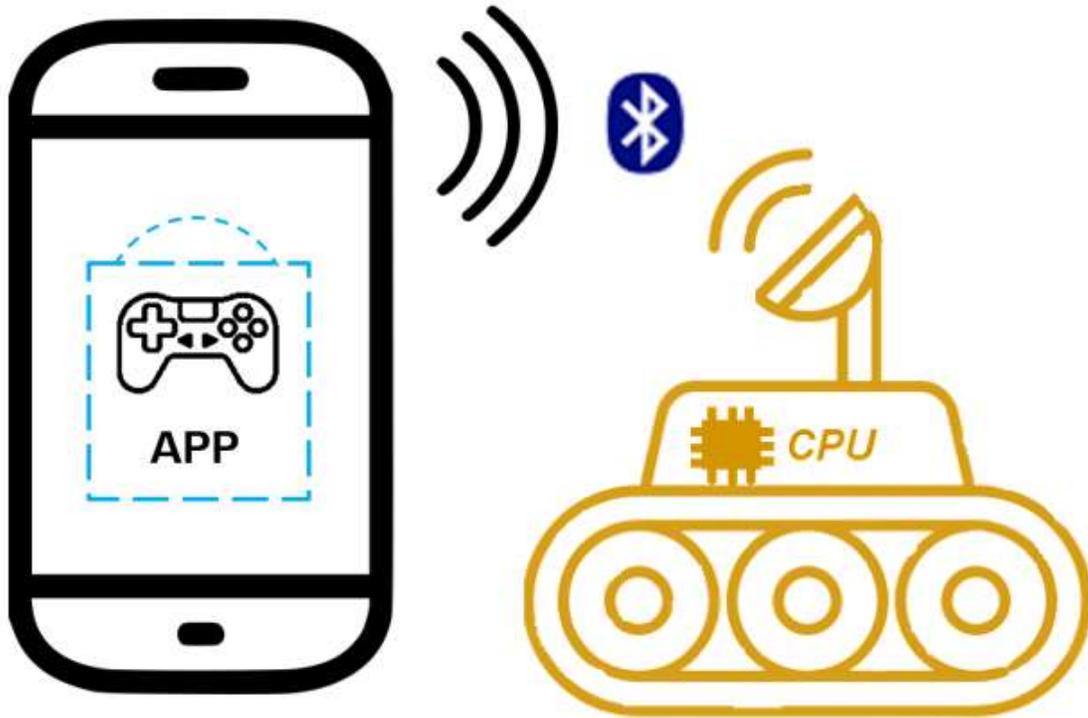


Ilustración 11 Aplicación típica de un dispositivo móvil como mando de robot con aplicaciones comerciales ⁶

Aplicaciones de este tipo “Control remoto” son comerciales y ampliamente utilizadas en el sector de la educación. En la siguiente imagen se muestra el ejemplo del resultado de búsqueda con las palabras “control bluetooth robot” en la play store de Google para Android.

⁶ Creación propia

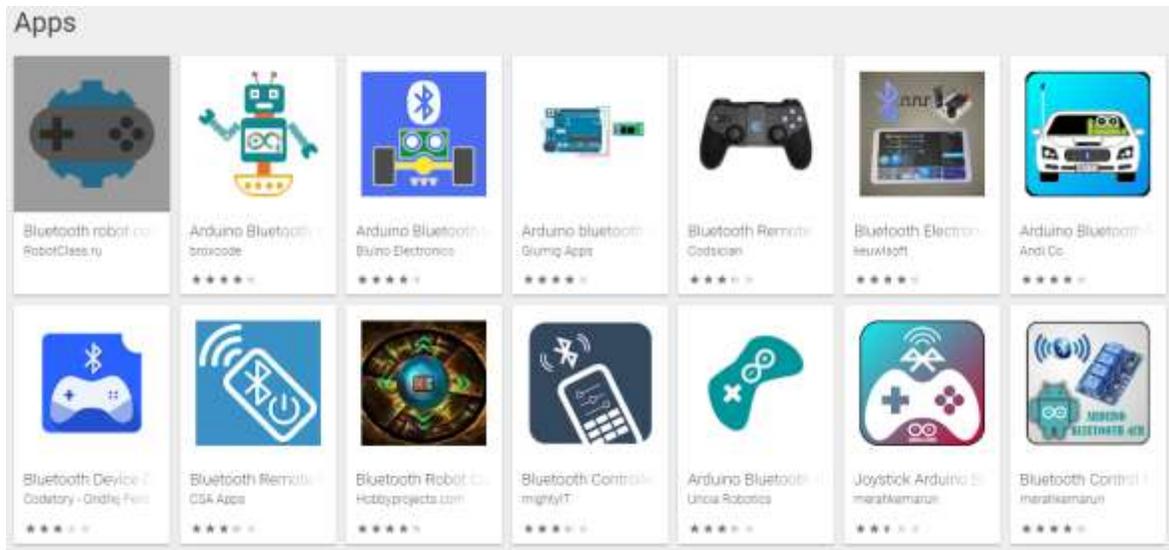


Ilustración 12 Referencia de los resultados de búsqueda ⁷

Estas aplicaciones en su mayoría se componen de una interfaz simple con botones para que el usuario interactúe con el robot y al presionarlos, cada botón tiene asociado un comando (donde generalmente se usan letras como comandos). En la lógica de programación del robot se crea un bloque decodificador donde se asocia una respectiva rutina a ejecutar a cada comando. En la siguiente imagen se presenta como referencia y ejemplo la interfaz de usuario de una APP tipo control remoto.

⁷ Imagen tomada de:

https://play.google.com/store/apps/collection/cluster?clp=ggEZChdjb250cm9sIGJsdWV0b290aCByb2JvdA%3D%3D:S:ANO1jLMqL0&gsr=ChyCARkKF2NvbnRyb2wgYmx1ZXRVb3RoIHJvYm90:S:ANO1jLZSoE&hl=es_CO&gl=US



Ilustración 13 Ejemplo App Bluetooth robot control por RobotClass.ru.⁸

El modelo que se propone a continuación busca utilizar los sensores del dispositivo móvil y sus funcionalidades complementarias como acceso a la RED, o capacidades de procesamiento para usarlos como fuentes de información directa para el robot.

Para acceder a la información de los sensores instalados en el dispositivo móvil, se hace necesaria la implementación de una aplicación móvil personalizada (APP), instalada en el celular o tableta, con el fin de obtener la información de los sensores de forma ágil, utilizando las librerías que el sistema operativo ya tiene instaladas y configuradas de fábrica para cada uno de los sensores disponibles en el dispositivo móvil. Adicionalmente, el sistema operativo del dispositivo móvil por seguridad restringe el acceso directo a la información de los componentes internos del sistema (sensores) a través de un cable de datos USB, esto se soluciona con los permisos de la APP los cuales el usuario puede conceder para acceder a cada sensor en particular y permitir la ejecución local de la APP accediendo a la información de los sensores.

La APP accede y obtiene la información de los sensores, para transmitir esta información al robot se puede hacer uso de alguno de los métodos de conexión inalámbrica, Wi-fi o Bluetooth disponibles en la mayoría de los dispositivos móviles. Por consiguiente, el robot deberá contar con algún módulo de comunicación inalámbrica sea Wi-Fi o Bluetooth.

Para mejores resultados, en la robótica educativa y dispositivos móviles, el Bluetooth tiene mayor grado de aplicación gracias a su facilidad de conexión, emparejamiento sin requerir un router y bajo consumo energético. En el modelo que se propone, el dispositivo móvil estará instalado sobre el robot, por lo que la distancia será mínima, dejando así el bluetooth en una posición más conveniente

⁸ Imagen tomada de

<https://play-lh.googleusercontent.com/gHFI->

[JsDfmm8HTN40RWGJrM3ufOY1j_7a3dcVWISlKdd_P9BfJhgziB4r5ysn6Cz2Cs=w720-h310-rw](https://play-lh.googleusercontent.com/gHFI-JsDfmm8HTN40RWGJrM3ufOY1j_7a3dcVWISlKdd_P9BfJhgziB4r5ysn6Cz2Cs=w720-h310-rw)

para su aplicación. Sin embargo, la conexión a través del Wifi es completamente válida para el modelo propuesto. En los diagramas o esquemas de este trabajo, se utilizará el símbolo de conexión por Wi-Fi o Bluetooth, para efectos de la aplicación real y pruebas del modelo se utilizará conexión por Bluetooth.

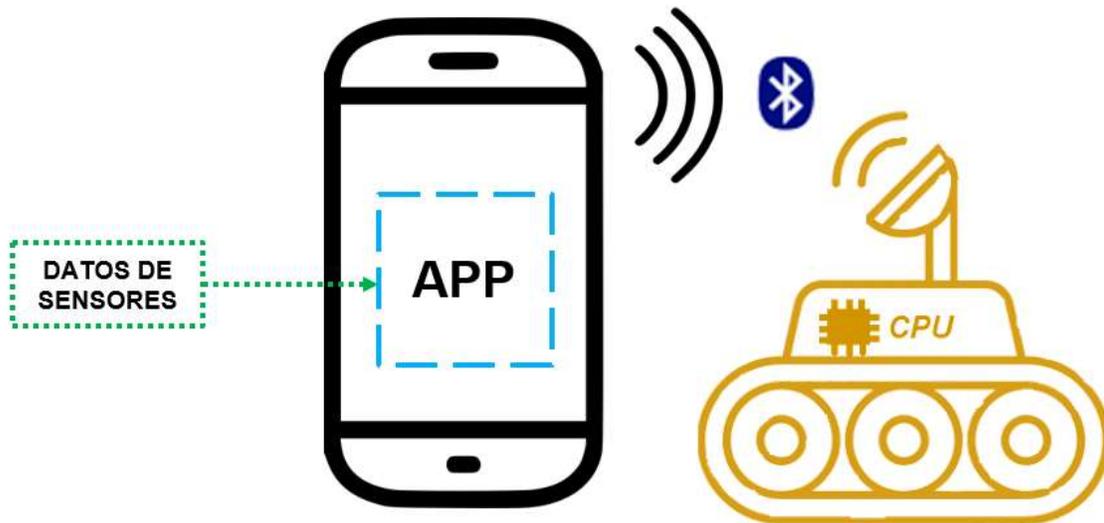


Ilustración 14 Esquema de funcionamiento de la App para recopilar datos de los sensores y transmitir al robot

Se hace referencia al Robot como el conjunto general de actuadores y componentes estructurales y funcionales para llevar a cabo una función, de forma genérica este robot puede cambiar su forma y componentes básicos para cumplir con sus funciones. Usualmente se implementará un chasis estructural para ensamblar los componentes motrices como motores y brindará soporte para instalar los módulos de procesamiento y para este caso instalar el celular.

4.2 Diseño del modelo lógico

El modelo planteado puede ofrecer múltiples configuraciones de las cuales se presentan las variaciones principales.

4.2.1 Robot autónomo

El robot funciona de forma independiente, por lo cual no requiere ninguna intervención del usuario para ejecutar sus funciones. La configuración de este esquema se muestra en la anterior Ilustración 14.

El modelo lógico del robot obedece a actuar en consecuencia de la información medida por los sensores, un esquema de forma simplificada se muestra en la siguiente ilustración:

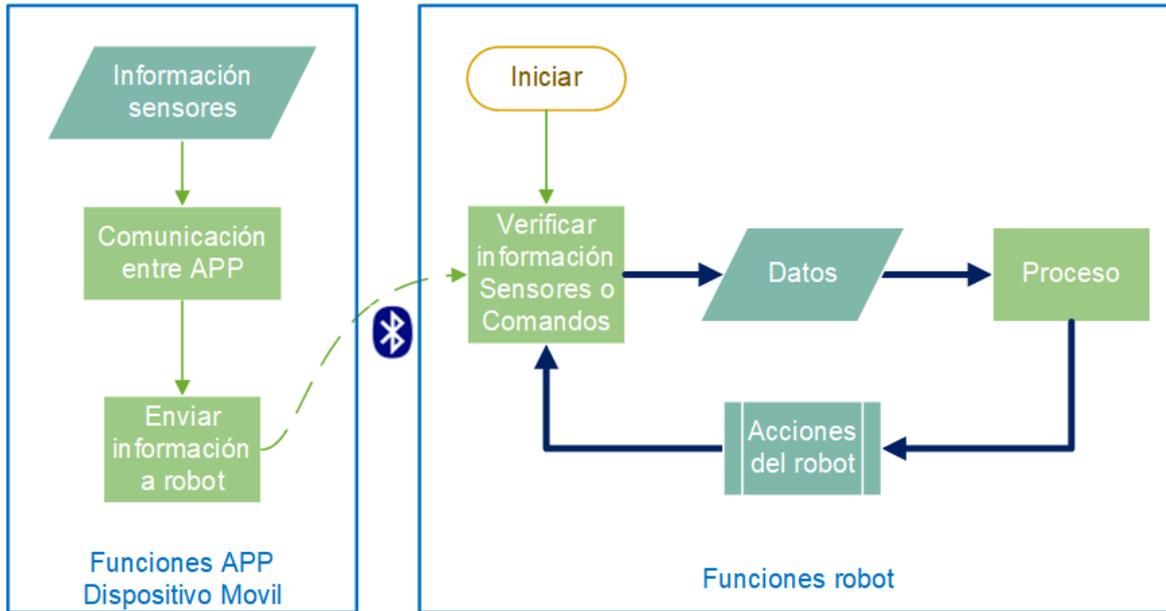


Ilustración 15 Proceso simplificado de un robot autónomo

Algunos ejemplos de esta aplicación son bien conocidos e implementados por los kits de robótica pueden ser:

- Un robot que se desplaza y evita obstáculos: en este caso se puede utilizar el sensor de proximidad del celular para detectar los obstáculos.
- Un robot que acelera o frena dependiendo de la intensidad de la luz: en este caso la fuente de entrada será el sensor de luz ambiental presente en el dispositivo móvil.

4.2.2 Robot controlado desde otro dispositivo

Con la implementación de una APP personalizada se tiene la posibilidad de ampliar las funcionalidades de esta al comunicarse a través de internet con otros dispositivos utilizando la misma APP para enviar y recibir información entre dispositivos. En este enfoque de aplicación toma gran relevancia porque supera los límites de comunicación utilizados tradicionalmente con las metodologías Wi-Fi o Bluetooth, las cuales usualmente tienen rangos de operación limitados, y se pasa a tener un rango de operación global limitado al acceso a internet.

Adicionalmente brinda la funcionalidad de obtener retroalimentación de la información que tiene el robot.

Con esta configuración se hace necesario el uso de dos dispositivos inteligentes, un dispositivo estará en las manos del usuario recibiendo la información y enviando los comandos que se requieren para controlar el robot, y el otro dispositivo estará funcionando como plataforma de sensores y puente de comunicación con el robot.

El siguiente esquema representa la interacción entre los componentes del sistema.

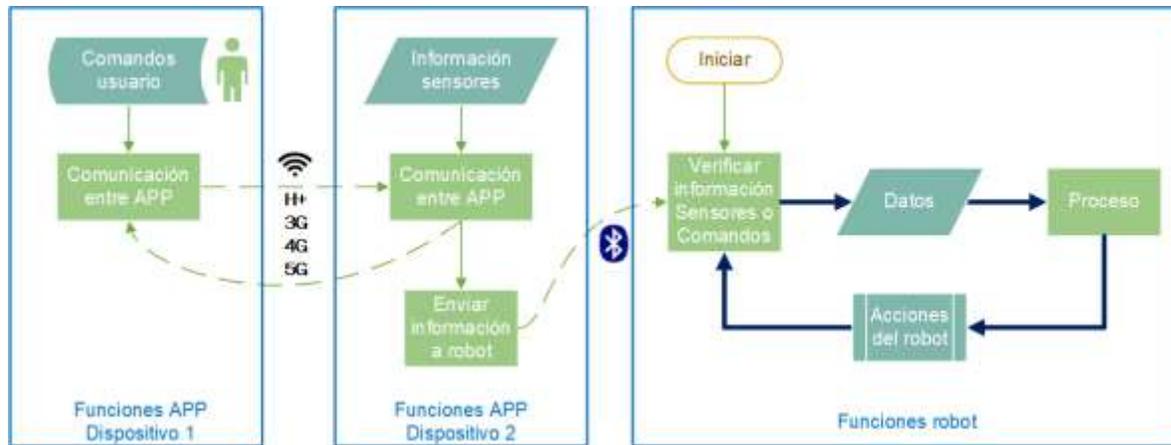


Ilustración 16 Funciones, lógica de funcionamiento de un robot controlado desde otro dispositivo

Algunos ejemplos de implementación de esta configuración pueden ser:

- Controlar el robot manualmente enviando comandos para el movimiento, con un rango mayor a 100 mt (típicamente el máximo disponible para bluetooth).
- Controlar el robot remotamente y recibir retroalimentación con: imágenes tomadas por la cámara, el audio capturado por el micrófono, y la ubicación del dispositivo la cual es obtenida utilizando el GPS del dispositivo 2.

4.3 Implementar desarrollos de otras aplicaciones utilizando el procesamiento del dispositivo inteligente

En esta configuración se busca establecer un desarrollo personalizado de la APP para llamar, vincular o implementar librerías de otras aplicaciones con el fin de procesar información en el dispositivo móvil, utilizando toda la capacidad de procesamiento y memoria disponible en el dispositivo móvil y una vez procesada la información, enviar al robot los comandos necesarios para ejecutar las acciones. Con este enfoque se logra que el núcleo de procesamiento del robot no requiera interfaz de video, memoria o almacenamiento más allá de lo básico para operar sus componentes principales, porque los procesos que requieren procesamiento gráfico y de memoria serían ejecutados por el dispositivo móvil.

Como ejemplos de la implementación del modelo con esta configuración se pueden tener:

- Utilizar la cámara del dispositivo móvil para capturar el video del entorno, donde se realice una integración del desarrollo de reconocimiento de objetos conocido como YOLO, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection" [39], el cual procesa la imagen y puede clasificar los objetos presentes en ella, con esto ubicar el elemento objetivo en la imagen y enviar al robot la dirección en la cual debe moverse para llegar al objetivo, este es un ejemplo de cómo integrar en el robot un importante aplicativo para la visión por computador sin requerir componentes adicionales de hardware en el robot.

- Utilizar el micrófono del dispositivo móvil para capturar audio, mediante la integración de algún desarrollo para reconocimiento de voz, convertir este audio en comandos de voz y enviar el comando decodificado al robot para su ejecución.

4.4 Diseño del comportamiento del sistema

El modelo planteado para integrar los dispositivos móviles en la robótica educativa, con la implementación de la APP local y una comunicación vía bluetooth con el robot para transferencia de datos, se espera tener un comportamiento estable durante su funcionamiento, la velocidad de transferencia de datos estará en función de la versión de los dispositivos bluetooth involucrados, en el dispositivo móvil y el robot.

En la siguiente tabla se relacionan las velocidades de transferencia de referencia para los diferentes modelos de bluetooth [38].

Tabla 5 Velocidades del Bluetooth

Versión	Ancho de banda (BW)
Versión 1.2	1 Mbit/s
Versión 2.0 + EDR	3 Mbit/s
Versión 3.0 + HS	24 Mbit/s
Versión 4.0	32 Mbit/s
Versión 5	50 Mbit/s ⁵

Con la premisa de que el dispositivo 2, estará instalado físicamente sobre el robot, la distancia será constante y usualmente menor a un metro dependiendo del tamaño del robot, lo cual brindará unas condiciones estables para la transferencia de datos entre el dispositivo móvil empleado como fuente de sensores y el robot.

El comportamiento del robot por su parte será con base en su programación, se parte de la premisa de implementar un diseño estructural sólido, el cual estará ligado a la función específica del robot para soportar los componentes del sistema y cumplir con su función.

5 Validación del modelo

5.1 Análisis del diseño propuesto

Para realizar el análisis del modelo propuesto se llevó a cabo la construcción de un prototipo, el cual permite verificar la implementación del modelo propuesto y se presenta a continuación.

5.2 Prototipo

Para la validación del modelo se construyó un prototipo de robot, por simplicidad para su ensamble y posterior aplicación en otros escenarios, se implementa un carro con llantas tipo oruga. El cual como efectores tiene dos motores para su desplazamiento, y la dirección se puede controlar cambiando la velocidad y sentido de giro de los motores.

Los principales materiales o módulos utilizados para construir el robot se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 6 Componentes del robot utilizados en el prototipo

Componente	Función
Kit ruedas tipo Oruga	Transmitir el movimiento de los motores al suelo y desplazar el robot.
Motorreductor (2)	Generar movimiento de las orugas
Tarjeta shield motores	Alimentación de los motorreductores y Ajustar sentidos de giro
Tarjeta programable tipo Uno	Ejecutar el programa y enviar señales para accionar los motorreductores
Módulo de Bluetooth 4.0	Recibir información desde el dispositivo móvil asociado
Baterías de litio 18650 (2)	Suministrar la energía necesaria para el funcionamiento del sistema
Cableado	Conectar los componentes del sistema para llevar la información y energía de
Elementos estructurales	General el chasis y estructura de soporte para el carro

Como dispositivo móvil inteligente se utiliza un Huawei Y7 prime.

En la siguiente ilustración se muestran fotografías del prototipo configurado.

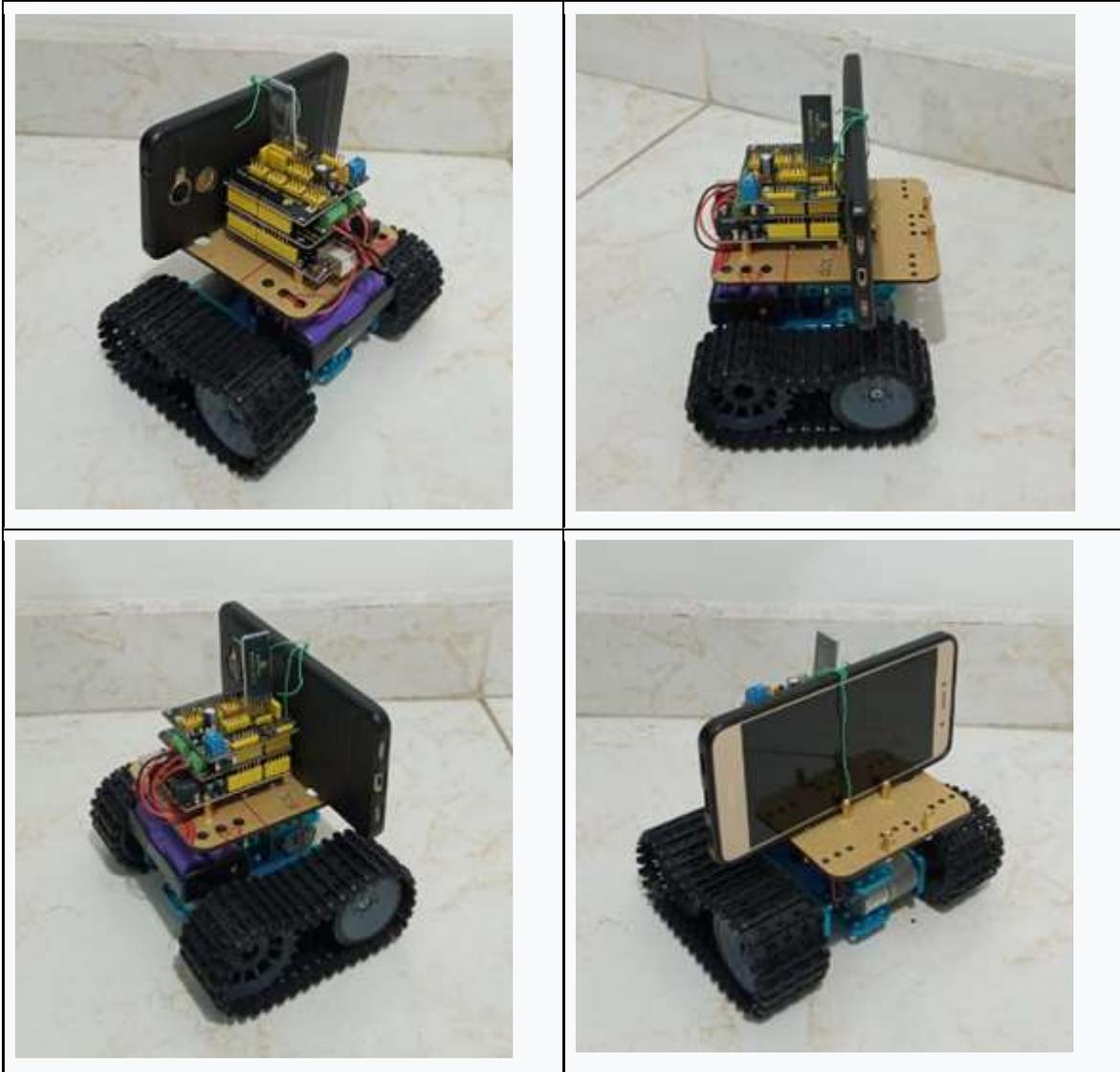


Ilustración 17 Fotografías prototipo ensamblado

Con el prototipo ensamblado se realizan las pruebas de funcionamiento del modelo propuesto, donde se obtiene un comportamiento según lo esperado. La comunicación es estable entre el dispositivo móvil y el robot, brindando una integración entre los dispositivos móviles y la robótica educativa, en este caso utilizando un celular como fuente de sensores, es un proyecto de fácil escalabilidad para implementar en el ámbito educativo potenciando la educación STEM y en consecuencia un desarrollo de las habilidades requeridas para la industria 4.0.

5.3 Validación del modelo

Para validar la disposición del público frente a la implementación del modelo se diseñó una encuesta enfocada en determinar esta posición. Las preguntas se enfocaron en los temas específicos requerimientos de la industria 4.0, su relación con la educación STEM y la opinión de los estudiantes frente al uso e integración de la robótica educativa.

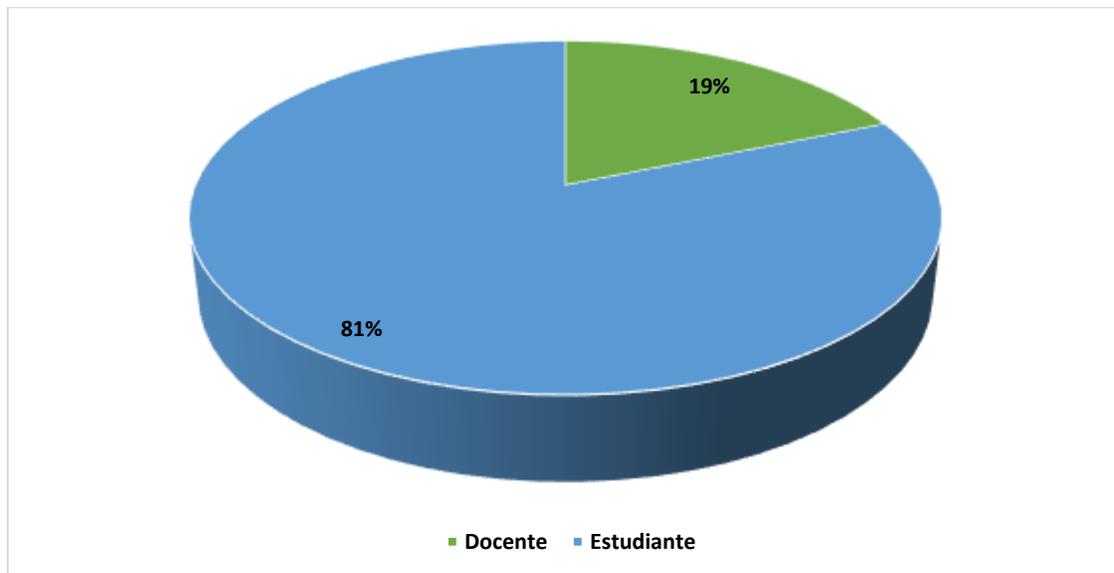
5.4 Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia.

Se realizó una encuesta a los estudiantes y docentes de la Universidad Nacional de Colombia, con el fin de validar la percepción de implementación del modelo propuesto para fortalecer la enseñanza de una asignatura STEM.

La encuesta consta de 17 preguntas cerradas realizadas a 65 estudiantes y 15 docentes, con un total de 80 sujetos encuestados.

5.4.1 Resultados de la encuesta

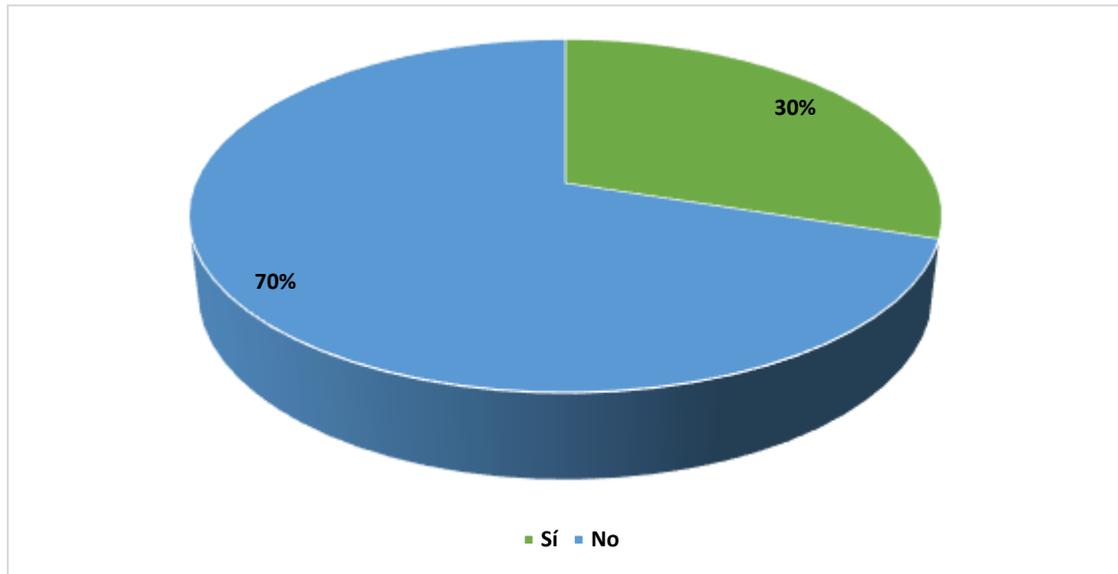
1. ¿Cuál es su rol en el proceso educativo?



Gráfica 1 Rol en el proceso educativo

Análisis: La encuesta fue respondida mayormente por estudiantes, y es positivo porque será el público objetivo para el desarrollo de presente trabajo.

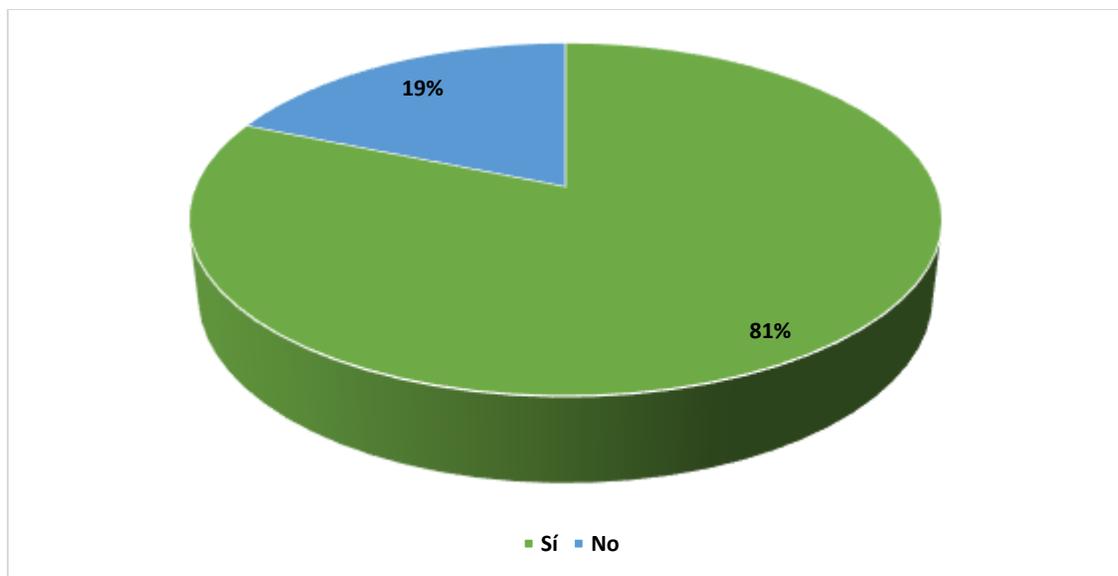
2. ¿Conoce los requerimientos para el talento humano de la industria 4.0?



Gráfica 2 Conocimiento sobre los requerimientos para la Industria 4.0

Análisis: La mayoría de los encuestados manifiesta que no tiene conocimiento sobre los requerimientos necesarios del talento humano para la Industria 4.0, esto deja en evidencia la falta de contexto que tienen los estudiantes frente a las necesidades de la industria.

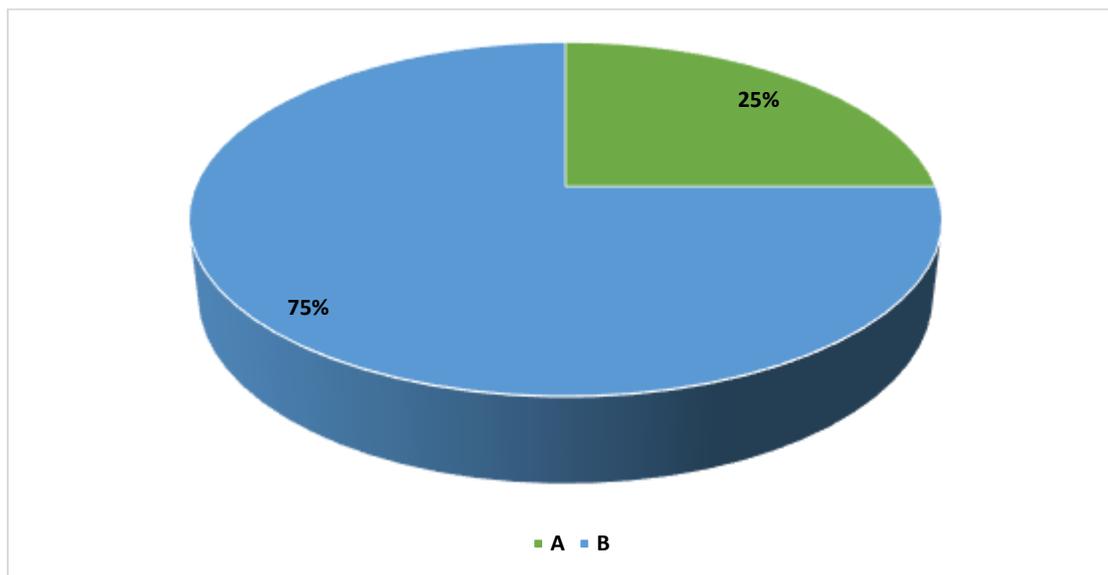
3. ¿Considera importante la inclusión de elementos en el entorno educativo para cubrir las necesidades de la industria 4.0?



Gráfica 3 Inclusión de elementos en la educación para cubrir las necesidades de la Industria 4.0

Análisis: El 81% de los encuestados, respondió sí a esta pregunta, es decir, los estudiantes y docentes consideran necesario incluir en el entorno educativo elementos que permitan formar personas con habilidades y capacidades que puedan cubrir los requerimientos de la Industria 4.0.

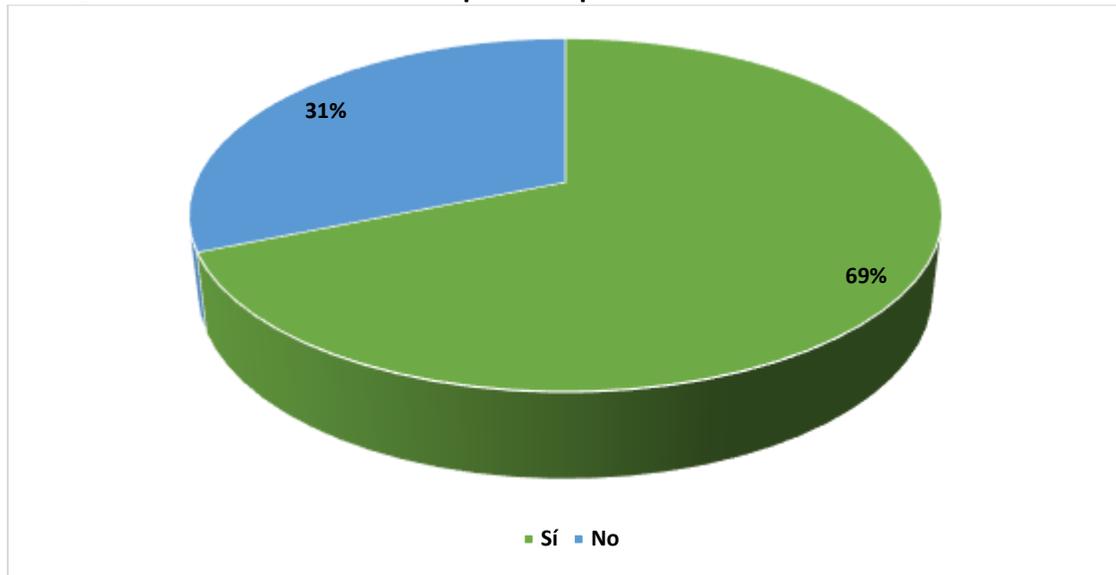
4. ¿Usted cómo considera que los estudiantes aprenden mejor?



Gráfica 4 La manera en que mejor aprenden los estudiantes

Análisis: En esta pregunta, en la que A hace referencia a la educación por medio de una metodología magistral tradicional con un rol pasivo del estudiante y B a metodologías didácticas en las que el estudiante tiene un rol activo, la gran mayoría está de acuerdo con que los estudiantes aprenden mejor cuando se utilizan métodos didácticos que les permitan ser más activos en el proceso de enseñanza – aprendizaje y les permitan utilizar su pensamiento crítico para la resolución de problemas.

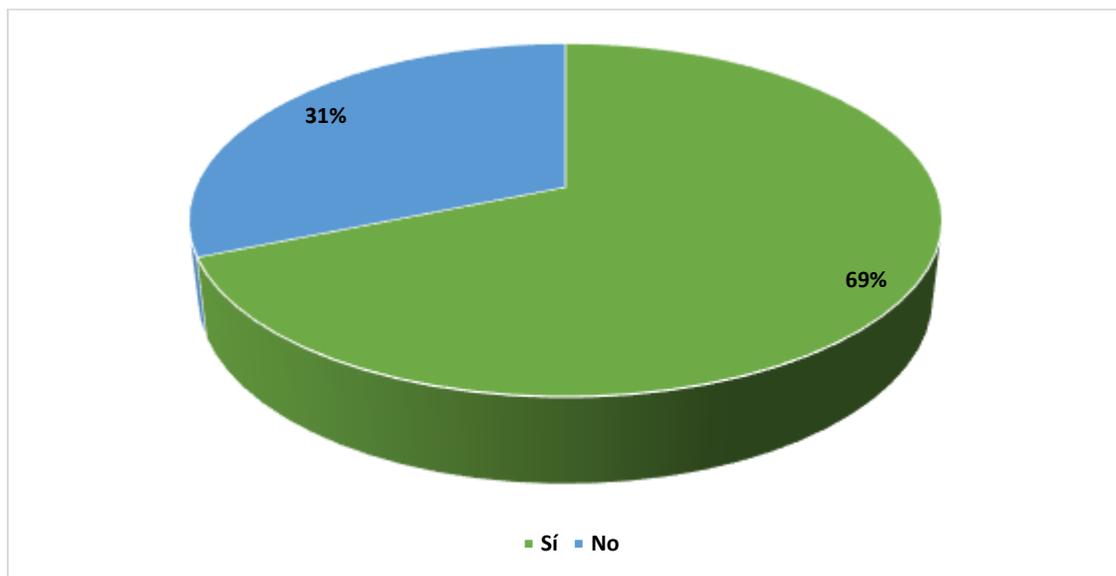
5. ¿Le motiva utilizar su celular en parte del proceso educativo?



Gráfica 5 Uso del celular como herramienta dentro del proceso educativo

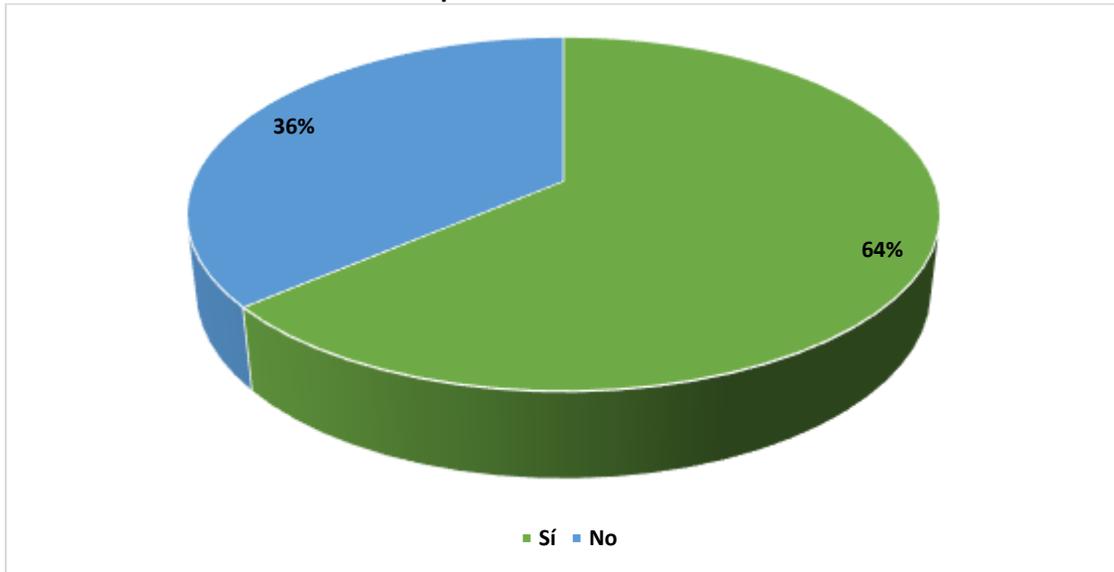
Análisis: El 69% de los encuestados concuerda en que el celular puede implementarse como herramienta para su proceso de aprendizaje educativo.

6. ¿Ha considerado utilizar algún sensor de su celular para implementarlo en un proyecto personal?



Gráfica 6 Uso de los sensores del celular en proyectos personales

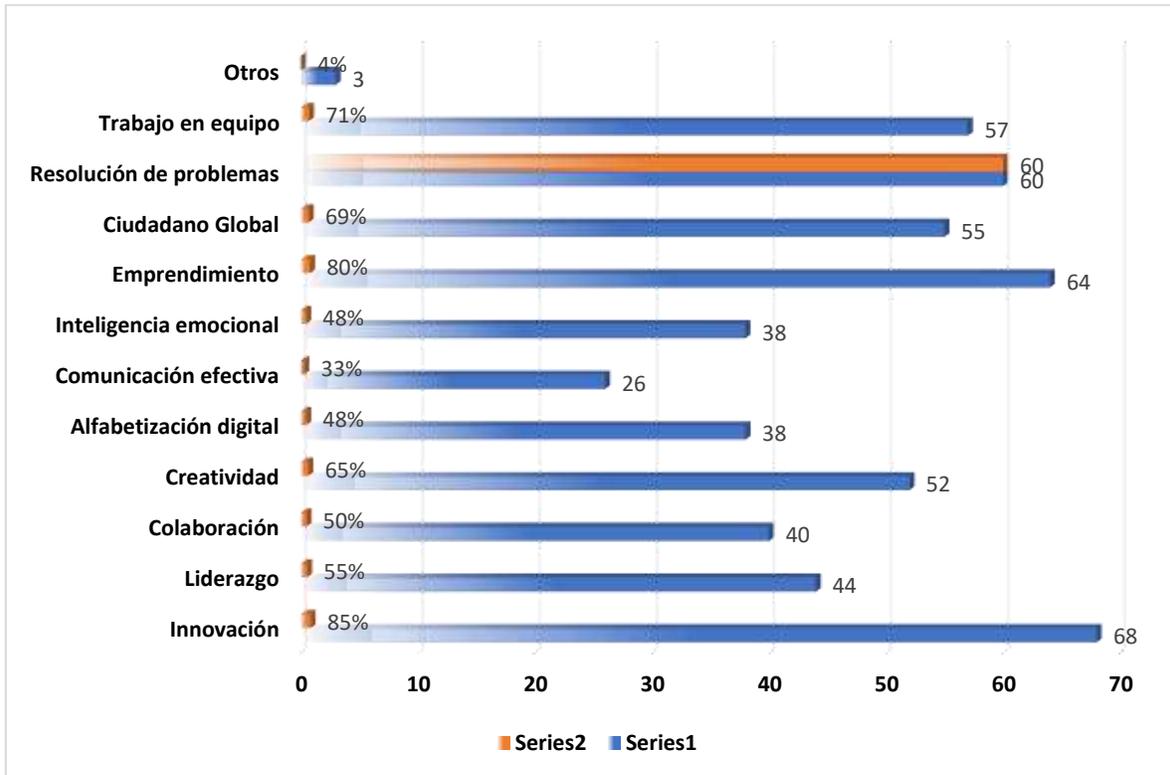
Análisis: Los encuestados, en su mayoría han tenido el deseo de sacar provecho de los sensores del celular en sus proyectos personales. Lo cual demuestra un interés de los encuestados por ampliar sus conocimientos y aplicación de los mismos.

7. ¿Considera útil la inclusión de prácticas didácticas utilizando los celulares?

Gráfica 7 Inclusión de prácticas didácticas con los celulares

Análisis: Los encuestados están muy de acuerdo con la implementación de los celulares con las prácticas didácticas.

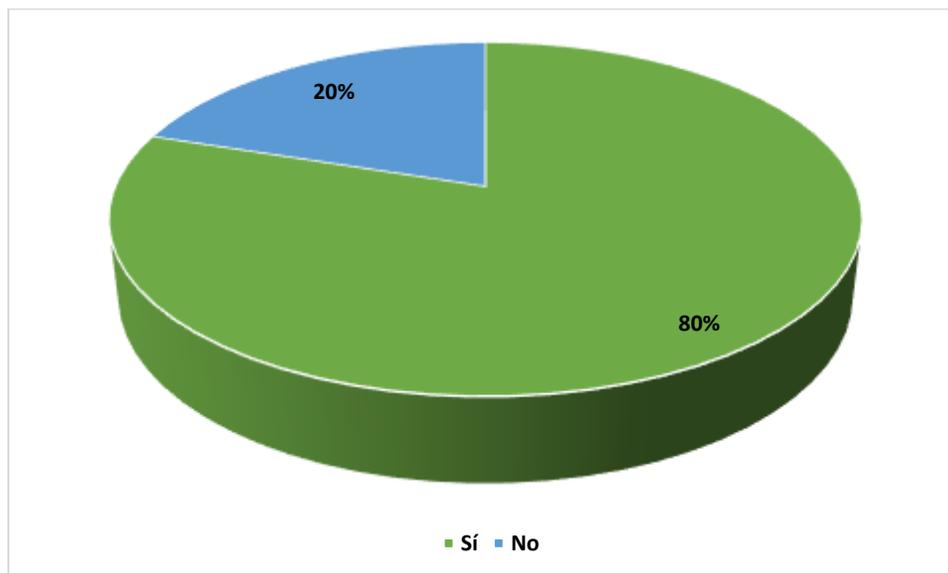
8. ¿Cuáles de los siguientes elementos considera más importantes en el proceso formativo de los estudiantes para afrontar la industria 4.0 (selección múltiple)



Gráfica 8 Elementos necesarios para afrontar las exigencias de la Industria 4.0

Análisis: La mayoría está de acuerdo en que la Innovación, la resolución de problemas, el emprendimiento, el trabajo en equipo, la creatividad y ser un ciudadano global son los principales elementos que se debe tener para poder afrontar las exigencias que trae consigo la Industria 4.0, por lo que se ve la necesidad de que las Instituciones de educación tengan docentes que formen a los estudiantes con enfoques en estas habilidades específicas.

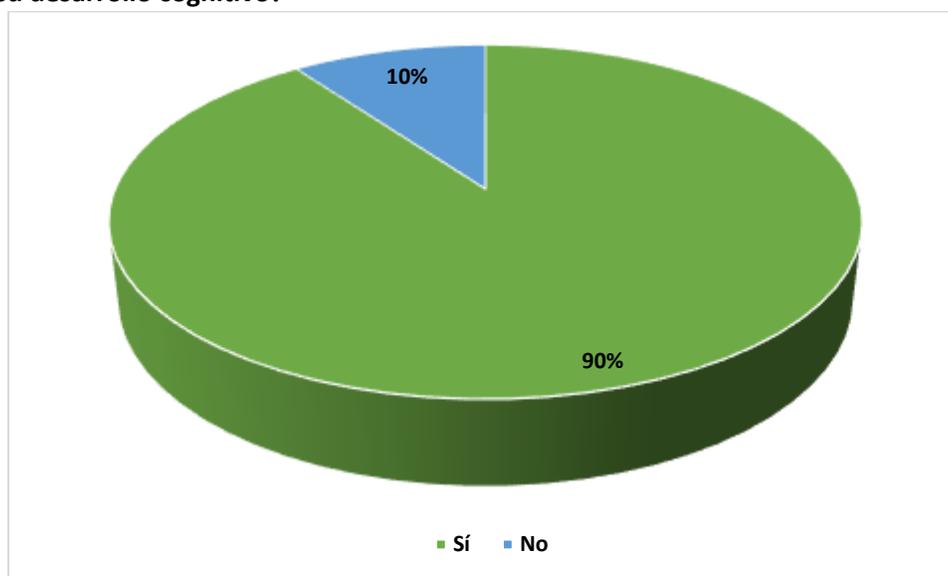
9. ¿Considera importante incluir la robótica en el proceso educativo?



Gráfica 9 La robótica dentro del proceso educativo

Análisis: El 80% de encuestados, es decir, 64 de los 80 está de acuerdo en que se implementen talleres y clases de robótica dentro de su proceso académico, en los que se puede trabajar en equipo y se hace uso de la tecnología mediante una metodología didáctica.

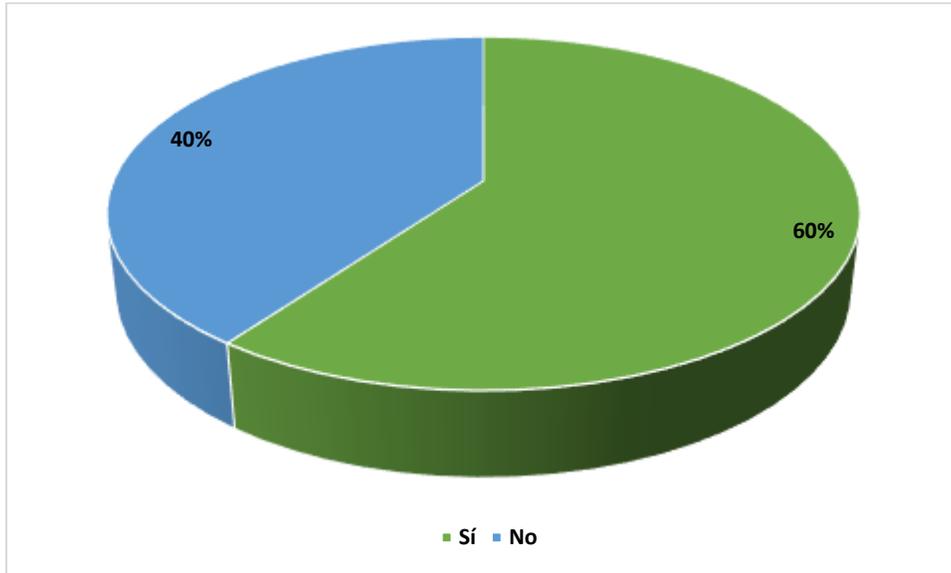
10. ¿Cree usted que la construcción y programación de robots dentro del aula contribuiría a su desarrollo cognitivo?



Gráfica 10 La influencia de la construcción y programación de robots en el desarrollo cognitivo de los estudiantes

Análisis: Los encuestados creen que la construcción y programación de robots en el aula les ayudará a desarrollar nuevas destrezas y habilidades, este método de aprendizaje impulsa su imaginación y creatividad y podría ayudarles a mejorar en otras asignaturas al hacer uso del razonamiento lógico.

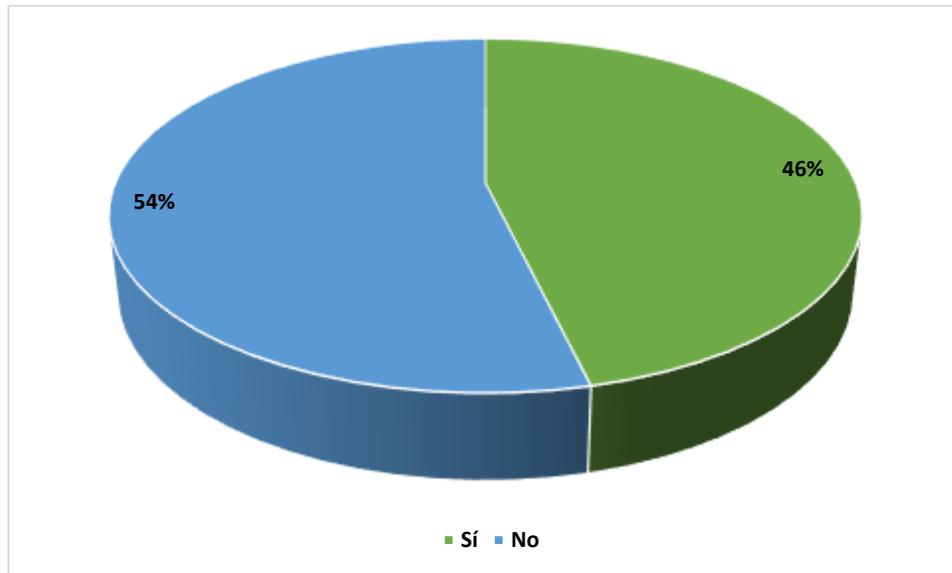
11. ¿Piensa usted que la construcción y programación de robots tiene un costo muy alto?



Gráfica 11 Costos de la construcción y programación de robots

Análisis: El 60% de encuestados considera que la implementación de la robótica generaría altos costos para las Instituciones de educación. Por lo que sería una gran ayuda hacer uso de herramientas que están al alcance de los estudiantes, como lo es el uso de celulares para la interacción con robots para la disminución de gastos.

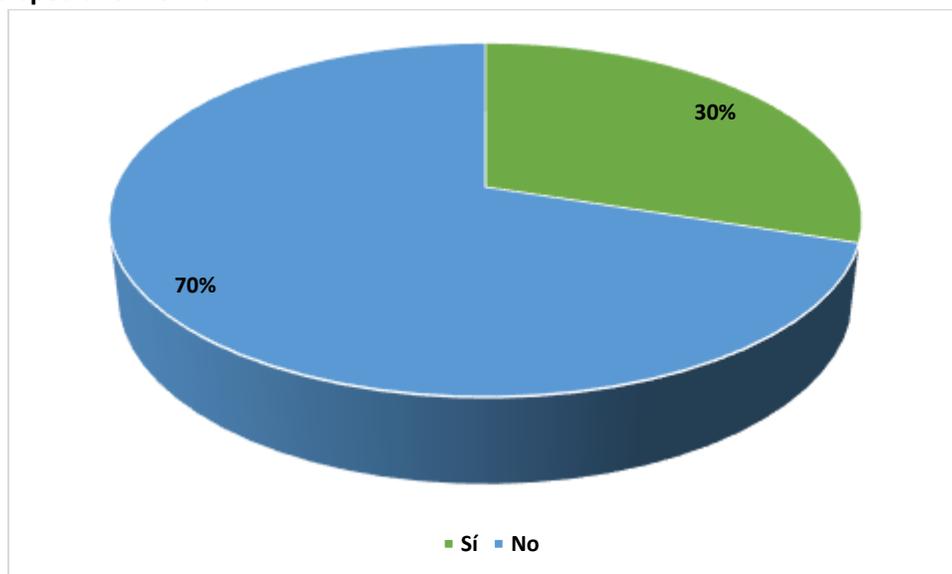
12. ¿Ha pensado en utilizar los sensores de su dispositivo móvil para las prácticas didácticas y así disminuir los costos de implementación?



Gráfica 12 Uso de los sensores de los dispositivos móviles para la disminución de costos

Análisis: Un porcentaje considerable de los encuestados considera que implementar los celulares en sus prácticas puede representar una disminución de costos para los kits de prácticas didácticas.

13. ¿Conoce las diferentes aplicaciones que permiten interactuar con un robot desde un dispositivo móvil?

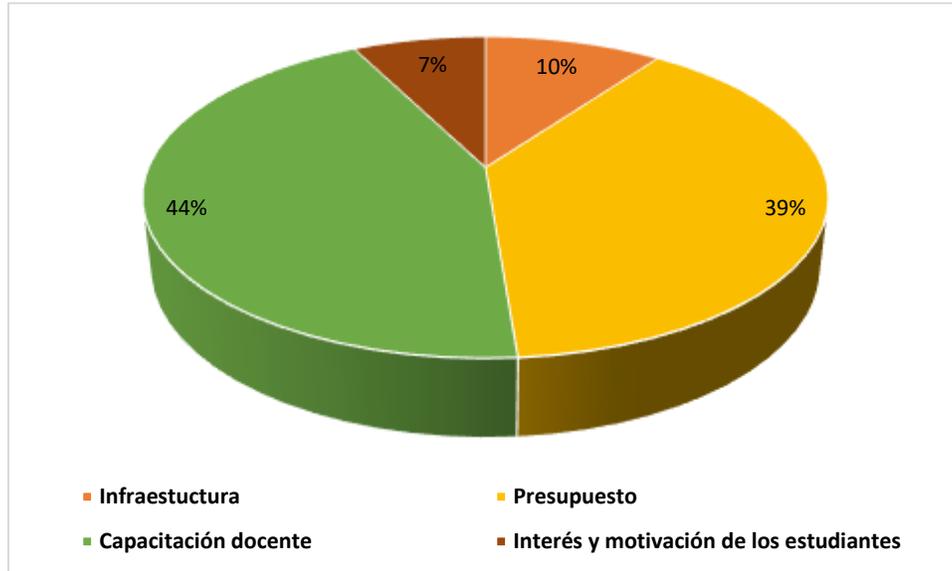


Gráfica 13 Conocimiento sobre las aplicaciones que permiten interactuar con un robot desde un celular

Análisis: La mayoría de encuestados, el 70% ignora la existencia de aplicaciones que les permiten interactuar con robots por medio de los sensores de sus teléfonos inteligentes y que a la vez se

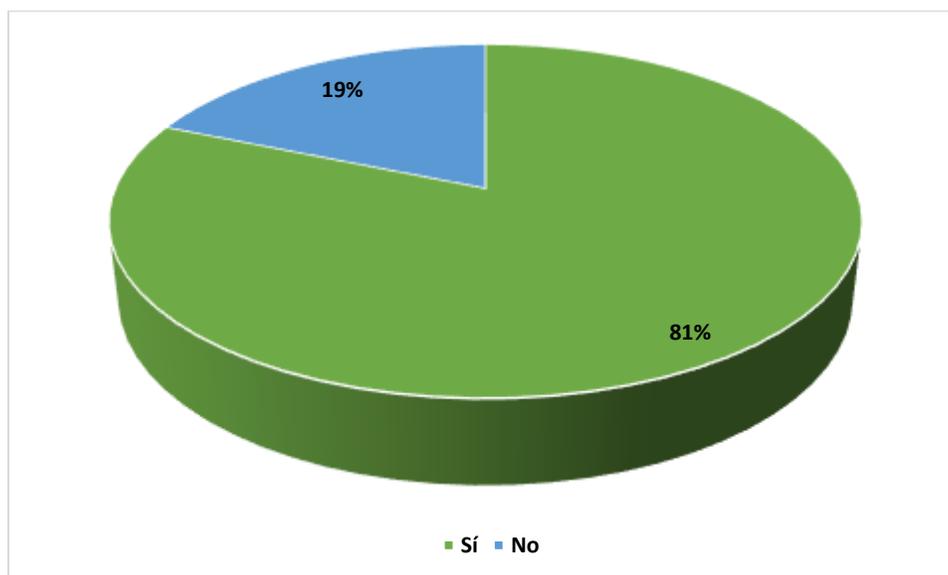
convierten en una guía didáctica para aprender a construir los robots y programarlos. Esto hace notoria la falencia en la educación tecnológica y la falta de promoción de estas herramientas en las aulas de las Instituciones de educación.

14. ¿Cuál considera que es la razón por la que no se incluye la robótica dentro del proceso educativo?



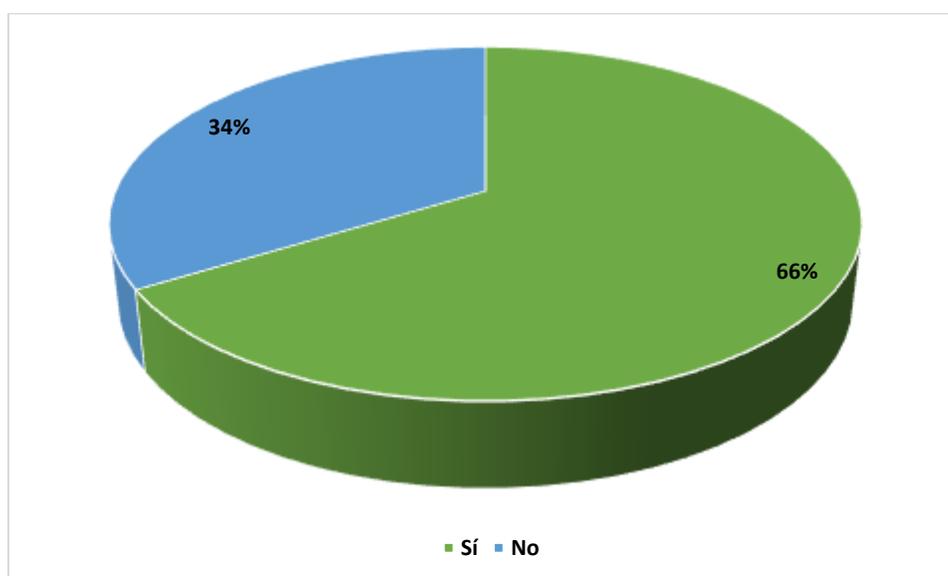
Gráfica 14 Percepción sobre las dificultades que se presentan para incluir la robótica en el proceso educativo

Análisis: Los encuestados consideran que la principal razón por la que no se incluye la robótica dentro del pensum es la capacitación que tienen los docentes en este tema y además el presupuesto que requiere disponer para esto las instituciones de educación. Aunque notoriamente se ve que los estudiantes están motivados por aprender a construir y programar robots, es necesario la capacitación de los docentes en robótica educativa y el interés tanto de las instituciones como de los docentes de formar a los estudiantes con habilidades y capacidades que necesitarán al enfrentarse a la Industria 4.0.

15. ¿Considera necesario vincular las STEM y la tecnología en el proceso educativo?

Gráfica 15 Las áreas STEM y la tecnología en el proceso educativo

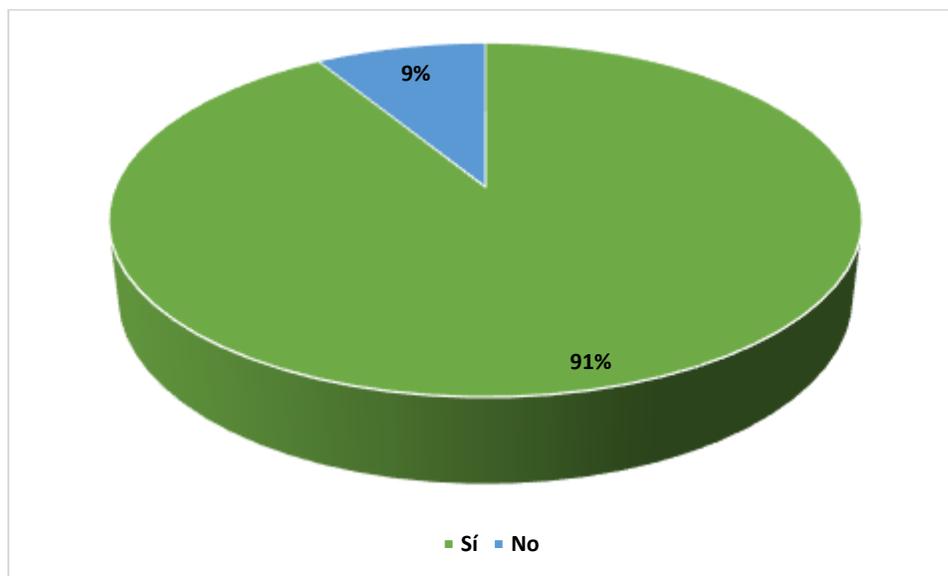
Análisis: Los estudiantes consideran que la integración de la tecnología con la metodología STEM puede incrementar su aprendizaje y les permitiría estar mejor capacitados y obtener las habilidades necesarias enfocadas a las necesidades actuales y los problemas reales de la sociedad, mediante la enseñanza didáctica de esta metodología que los impulsa a pensar y crear por sí mismos.

16. ¿Cree que en el futuro el mercado laboral requerirá de personal capacitado en las áreas STEM?

Gráfica 16 Necesidad de personas capacitadas en áreas en el mercado laboral

Análisis: El 66% de los encuestados consideran que es importante la capacitación impartida con base en áreas STEM para fortalecer el perfil profesional para afrontar los requisitos del mercado laboral.

17. ¿Le parece que todas las instituciones de educación deberían implementar la robótica educativa para la enseñanza de las áreas STEM en el proceso académico?



Gráfica 17 Robótica educativa para las enseñanzas de las áreas STEM en las Instituciones de Educación

Análisis: Los encuestados son conscientes de la necesidad que existe de que todas las instituciones brinden una educación STEM a los estudiantes, ya que son las áreas más importantes de las que se obtienen las habilidades y conocimientos exigidos en la industria 4.0 para la resolución de problemas.

5.5 Interpretación de los resultados de la encuesta realizada

Los resultados de la encuesta reflejan que la implementación de la robótica educativa dentro del pensum sería bien recibida por parte de los estudiantes y muestra la importancia que estos le dan a poder adquirir conocimientos de áreas STEM, por lo que es necesario crear módulos que permitan brindar a los estudiantes conocimientos y habilidades en robótica educativa. Además, se evidencia el interés y motivación de hacer mayor uso de herramientas tecnológicas como el celular en el proceso de enseñanza – aprendizaje dentro de las aulas de clase, ya que impulsa la creatividad, imaginación, trabajo en equipo e innovación de los estudiantes mediante el aprendizaje didáctico.

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

La tecnología ha tomado tanta fuerza en la actualidad que en el contexto de la educación 4.0 es necesario implementar metodologías diferentes a las que se han venido utilizando en la formación de los estudiantes. La Industria 4.0 requiere de personas capacitadas en áreas enfocadas en la tecnología e innovación, por lo que las Instituciones de educación se ven en la obligación de crear modelos educativos que se ajusten a estas exigencias, como la integración de la robótica educativa para fortalecer la educación STEM, la cual está enfocada en permitir que los estudiantes tengan un papel más activo en el proceso de enseñanza - aprendizaje, estas metodologías potencian las habilidades investigativas y el pensamiento crítico, además ayuda a desarrollar habilidades tales como el trabajo en equipo, el liderazgo, la creatividad, innovación y la solución de problemas.

Este trabajo muestra la influencia positiva que pueden tener los kits de robótica educativa en el proceso de formación de los estudiantes para posteriormente enfrentarse al mercado laboral que les exigirá enfrentar y resolver problemas reales de la sociedad. Los kits de robótica educativa, además se pueden integrar con los dispositivos móviles, mediante los cuales es posible interactuar con los robots y complementar las funcionalidades y a la vez servir como guía para facilitar tanto a los docentes como a los estudiantes el proceso de construcción y programación de los robots. Adicionalmente, con la implementación de los dispositivos móviles como parte o complemento de un kit de robótica se disminuyen los costos de implementación debido a los sensores y funcionalidades del dispositivo móvil que pueden implementarse.

Los kits de robótica brindan a los estudiantes la oportunidad de imaginar y crear robots con un propósito específico, y mientras lo hacen pueden aprender a trabajar en equipo al ayudarse mutuamente, buscar solución a problemas que se les presenten en el camino, sentir la satisfacción de solucionarlos, entre muchas otras experiencias que ayudan a su desarrollo cognitivo y que les permitirá estar lo suficientemente capacitados para afrontar las problemáticas de la Industria 4.0.

Con el modelo desarrollado se puede responder afirmativamente a la pregunta planteada como hipótesis del presente trabajo, donde se ha demostrado que se puede implementar la tecnología de los dispositivos móviles celulares para el funcionamiento del robot, constituyéndose en un modelo de fácil adaptación para implementar en las aulas y permitir a los estudiantes desarrollar habilidades específicas en las áreas STEM.

6.2 Recomendaciones

- Fortalecer la formación de los estudiantes en el contexto de la Industria 4.0 aplicando metodologías que fortalezcan la enseñanza de áreas STEM.
- Dar un mejor uso a los recursos tecnológicos para impulsar la enseñanza en robótica educativa y crear programas o talleres que se incluyan en el proceso educativo de los estudiantes dentro de las aulas.
- Hacer gestión presupuestal para obtener kits de robótica para la implementación de la robótica en el proceso educativo de los estudiantes.
- Crear módulos que integren la metodología STEM con la robótica educativa en la formación de los estudiantes para enfrentar las problemáticas que trae consigo la Industria 4.0
- Fomentar el uso de aplicaciones móviles que funcionan como guías didácticas para que los estudiantes y docentes puedan construir y programar robots de manera más rápida y económica, mediante el uso de simuladores o kits de bajo costo.
- Plantear programas piloto para la implementación de programas de formación específica en el uso de kits de robótica educativa, creando kits educativos de bajo costo con implementos comerciales y comunes para tal fin.

7 BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

- [1] A. Larcher., F. Turri, J. Collins, I. Derweesh, A. Volpe, J. Kaouk, R. Koon, "Definition of a structured training curriculum for robot-assisted partial nephrectomy: A Delphi-consensus study from the ERUS Educational Board", *Eur. Urol. Suppl.*, vol. 17, n.o 2, pp. e678-e682, mar. 2018, doi: 10.1016/S1569-9056(18)31310-1.
- [2] Ramirez, C. A. Montoya, D. M. & Jiménez, J. A. (2020) Integrated visual development environment for learning of robots programming, en edición.
- [3] Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177-192.
- [4] Heeger, D., Partridge, M. E., Trullinger, V., & Wesolowski, D. E. (2017). Lithium Battery Health and Capacity Estimation Techniques Using Embedded Electronics (No. SAND2017-10722). Sandia National Lab.(SNL-NM), Albuquerque, NM (United States).
- [5] Informe foro económico mundial, Junio 23 de 2020. Consultado 1 de julio de 2020. Diversity, Equity and Inclusion 4.0, <https://www.weforum.org/reports/diversity-equity-and-inclusion-4-0-a-toolkit-for-leaders-to-accelerate-social-progress-in-the-future-of-work>
- [6] Sabina Jeschke. "Engineering Education for Industry 4.0", World Engineering Education Forum 2016, www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de
- [7] Melgarejo, V. M. (2019). La educación superior ante la industria 4.0. El reto de la innovación en las universidades.
- [8] Hariharasudan, A., & Kot, S. (2018). A scoping review on Digital English and Education 4.0 for Industry 4.0. *Social sciences*, 7(11), 227.
- [9] Martínez Bahena, E., Escamilla Regis, D., & Campos Pérez, A. E. (2019). LA INDUSTRIA 4.0 Y LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL. UN NUEVO RETO PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR.
- [10] Lugo, M. T., & Ithurburu, V. (2019). Políticas digitales en América Latina. Tecnologías para fortalecer la educación de calidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 79(1), 11-31.
- [11] Informe foro económico mundial, Enero 14 de 2020, consultado 1 de Julio de 2020, Schools of the Future Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution, <https://www.weforum.org/reports/schools-of-the-future-defining-new-models-of-education-for-the-fourth-industrial-revolution>
- [12] Hariharasudan, A., & Kot, S. (2018). A scoping review on Digital English and Education 4.0 for Industry 4.0. *Social sciences*, 7(11), 227.
- [13] Smoląg, K., Kot, S., & Oane-Marinescu, C. M. (2015). Contemporary conditions of engineer's education process management. *Polish Journal of Management Studies*, 11.
- [14] Serna, M. D. A., Bedoya, J. W. B., & Builes, J. A. J. (2020). Apropiación social de la ciencia y la tecnología a través de una iniciativa de intervención e inclusión educativa de niños y adolescentes de territorios vulnerables de la minería usando la robótica, como una alternativa para la construcción de la paz. *El Ágora USB*, 20(1), 190-209.
- [15] informe cisco 2018 a 2023, consultado 12/07/2020 en <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- [16] Puncreobutr, V. (2016). Education 4.0: New challenge of learning. *St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(2).

- [16] Sampedro, J. E. V., Redrobán, M. C. S., & Álvarez, C. E. A. (2020). Robótica educativa aplicada a la comprensión de la lógica proposicional. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(2), 200-225.
- [17] Bravo Sánchez, F. Á., & Forero Guzmán, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales.
- [18] Jiménez-Builes, J. A., Ramírez-Patiño, J. F., & González-España, J. J. (2011). Sistema modular de robótica colaborativa aplicado en educación. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (58), 163-172.
- [19] Escobar, I. M. D., Meabe, I. U., Sarmiento, M. G., Celis, J., Danies, G., & Canu, M. (2015, July). EDUCACIÓN STEM EN EDUCACIÓN BÁSICA: ESTUDIO DE CASO EN DOS PAÍSES, COLOMBIA Y REPÚBLICA DOMINICANA. In *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2015*.
- [20] Sylvia Constaín, Ministra TIC, Conectar a Colombia: un reto que cambiará vidas. Artículo en línea 01 abril de 2019, consultado 3/7/2020 en:
<https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Columnas-Ministra-TIC/98249:Conectar-a-Colombia-un-reto-que-cambiara-vidas>
- [21] Ruiz Díez, P. (2009). Diseño y construcción de un vehículo de inspección remota mediante marcación por tonos (Bachelor's thesis).
- [22] Soriano, A., Marín, L., Cazalilla, J. I., Valera, A., Valles, M., & Albertos, P. (2013). Plataforma robótica de bajo coste y recursos limitados basada en Arduino y dispositivos móviles. Ponencia presentada en las XXXIV Jornadas de Automática. Terrassa, 4.
- [23] Queiruga, C. A., Banchoff Tzancoff, C. M., & López, F. (2013, June). RemoteBot: una aplicación que combina robots y dispositivos móviles. In *XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.
- [24] Valera, A., Soriano, A., & Vallés, M. (2014). Plataformas de bajo coste para la realización de trabajos prácticos de mecatrónica y robótica. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 11(4), 363-376.
- [25] Méndez Canú, R. O. (2019). Diseño e implementación de un robot móvil tipo explorador para fines académicos (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- [26] HIMMETOGLU, B., AYDUG, D., & BAYRAK, C. (2020). Education 4.0: Defining the teacher, the student, and the school manager aspects of the revolution. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 21(Special Issue-IODL), 12-28.
- [27] Usaquén, M. Á. O., & Cárdenas, L. C. N. (2020). CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES RETOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA EN COLOMBIA. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.
- [28] Avendaño Ramírez, A. M. (2014). *Módulo STEM dirigido a estudiantes de básica secundaria-sistema de aprendizaje interactivo de matemáticas, ciencia e ingeniería aplicado a educación básica secundaria en Colombia* (Bachelor's thesis, Bogotá-Uniandes).
- [29] <https://www.lego.com/en-us/product/ev3-intelligent-brick-45500>
Consultado 15 de mayo de 2021
- [30] <https://www.vexrobotics.com/robot-brain.html#description>
Consultado 15 de mayo 2021
- [31] <https://beagleboard.org/>
- [32] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>
Consultado 10 de marzo 2021
- [33] <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

- [34] Pozo, J. D. M. (2007). Introducción a los dispositivos móviles. *Cataluña: España de Creative Commons*.
Consultado en:
[https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_2\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_2).pdf)
- [35] Denis, D., Flores, D. D. C., Ferrer-Sánchez, Y., & Tamé, F. L. F. (2021). Potencialidades de los celulares inteligentes para investigaciones biológicas. Parte 1: Sensores integrados. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 42, 77-91.
Consultado en:
https://www.researchgate.net/profile/Daryl-Cruz-Flores/publication/351116478_Potencialidades_de_los_celulares_inteligentes_para_investigaciones_biologicas_Parte_1_Sensores_integrados/links/608846818ea909241e2c4fb3/Potencialidades-de-los-celulares-inteligentes-para-investigaciones-biologicas-Parte-1-Sensores-integrados.pdf
- [36] <https://www.ro-botica.com/Producto/LEGO-MINDSTORMS-EV3-31313/>
consultado 15 de marzo de 2021
- [37] <https://www.vexrobotics.com/>
Consultado 15 de marzo de 2021
- [38] wiki <https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [39] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788).
- [40] Sánchez, E. J. (abril de 2019). *ROBÓTICA APLICADA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40561/1/BFILO-PSM-19P018%20SANCHEZ%20-%20SANCHEZ.pdf>