

**Integración de las ciencias básicas en educación media con enfoque STEM en robótica
comparada con una metodología tradicional de enseñanza**

DAVID SANTIAGO MELO NIÑO



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN TIC APLICADAS A LAS CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSGRADOS**

DUITAMA

2020

**Integración de las ciencias básicas en educación media con enfoque STEM en robótica
comparada con una metodología tradicional de enseñanza**

DAVID SANTIAGO MELO NIÑO

Trabajo de grado presentado para optar al título de:

MAGISTER EN TIC APLICADAS A LAS CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

Dirigido por: Luis Facundo Maldonado Granados

Ph.D. en Sistemas para Educación



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN TIC APLICADAS A LAS CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSGRADOS
DUITAMA
2020

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Duitama, 13 de Marzo 2020

Copyright © 2020 por David Melo. Todos los derechos reservados.

Agradecimientos

ii

La vida me ha permitido entender que la educación en todo su conjunto es la opción más cercana que poseen las personas para cambiar sus realidades. Especializarme en esta área me ha permitido conocer personas de diferentes corrientes de pensamiento que aportaron directa e indirectamente a la construcción de este proyecto. Primero quiero agradecerle a mi hermana que con su ejemplo ha sido una inspiración para formarme profesionalmente. A mi tutor de tesis, que estuvo pendiente y apoyándome durante todo el proceso de elaboración y ejecución de la propuesta. A mis padres, que siempre me dieron ánimos para culminar todo el proceso. A mis estudiantes, que se comprometieron con el desarrollo del proyecto. A todos mis profesores de maestría, que aportaron en mi construcción personal y profesional como docente.

Abstract

*La educación en ciencia y tecnología en los centros educativos con frecuencia muestra estudiantes desmotivados y más preocupados por una calificación que por aprender, lo cual ha generado en varios países una disminución significativa en la formación de profesionales en el campo de las ciencias y las ingenierías. Esta investigación pone a prueba una propuesta educativa con enfoque STEM en robótica para el área de tecnología para responder a los NGSS e integrar el aprendizaje de física, matemáticas y tecnología. Se compara la ganancia en aprendizaje, la motivación y la valoración del trabajo colaborativo de un grupo que aprende con el sistema convencional de una institución de educación media con otro equivalente que sigue el modelo STEM. La comparación de medias de ganancia en aprendizaje usando la *t* de Student muestra diferencias significativas a favor del aprendizaje con educación STEM. Los estudiantes con esta modelo muestran mayor motivación por el aprendizaje de las ciencias y la tecnología y disposición positiva para estudiar colaborativamente. El aprendizaje es más efectivo en ciencia y tecnología cuando se dispone un ecosistema que integre procesos de diseño e ingeniería con uso de dispositivos tecnológicos como los robots y los computadores en el desarrollo de proyectos y solución de problemas. El STEM puede contribuir positivamente a mejorar la calidad de la formación en ciencias y tecnología.*

Tabla de Contenidos

iv

Capítulo 1 Introducción	1
Capítulo 2 Problema de Investigación	4
2.1 Planteamiento del problema.....	4
2.2 Formulación del problema	8
2.3 Objetivos	8
2.3.1 Objetivo General.....	8
2.3.2 Objetivos Específicos.....	8
Capítulo 3 Justificación.....	10
Capítulo 4 Referente Conceptual	13
4.1 Tradición Investigativa (Estado del Arte).....	13
4.2 Marco Teórico.....	20
4.2.1 Educación STEM	20
4.2.2 Componentes disciplinares STEM.....	22
4.2.2.1 STEM Componente de Ingeniería	22
4.2.2.1.2 Investigación	24
4.2.2.1.3 Lluvia de Ideas	25
4.2.2.1.4 Análisis de Ideas	25
4.2.2.1.5 Construcción	26
4.2.2.1.6 Probar y Refinar.....	26
4.2.2.1.7 Comunicar y Reflexionar.....	26
4.2.2.2 STEM Componente de Matemáticas	27
4.2.2.3 STEM Componente de Ciencia y Tecnología	29
4.2.2.3.1 Ciencias analíticas y ciencias de síntesis	30
4.2.2.3.2 Tecnología, ciencia de síntesis.....	31
4.2.3 Robótica Educativa	32
4.2.4 Metodología STEM orientado a proyectos de robótica	35
4.2.5 Pedagogía y STEM	37
Capítulo 5 Metodología	39
5.1 Diseño de la Investigación:	39
5.1.1 Fase de caracterización:	39
5.1.2 Integración de conocimiento.....	40
5.1.3 Fase de Diseño:	41
5.1.4 Fase de Intervención y evaluación:.....	42
5.2 Participantes:.....	43
5.2.1 Metodología seguida con el Grupo control:.....	43
5.2.2 Metodología seguida con el Grupo Experimental:	44
5.3 Instrumentos:.....	46
Se implementaron cuestionarios para la medición de las tres variables de estudio: conocimiento, motivación y colaboración, denominados test. A continuación describimos cada uno.....	46
5.3.1 Cuestionario	46

5.3.1.1 Variable conocimiento	49
5.3.1.2 Variable motivación.....	50
5.3.1.3 Variable trabajo colaborativo.....	51
5.4 Cuaderno de Ingeniería:	52
Capítulo 6 Resultados	53
6.3 Análisis intragrupo de resultados de aprendizaje en los grupos control y experimental	57
6.3.1 Comparación de resultados en el pre-test con los resultados en el post-test obtenidos por el grupo control.....	58
6.3.2. Comparación de resultados en el pre-test con los resultados en el post-test obtenidos por el grupo experimental	60
6.4 Análisis descriptivo por asignaturas en el pre-test y post-test del grupo control y experimental.....	62
6.4.1 Análisis de resultados por asignatura grupo control.....	63
6.4.1.2 Componente de física grupo control	63
6.4.1.3 Componente de tecnología grupo control	64
6.4.2.1 Componente de matemáticas grupo experimental	65
6.4.2.2 Componente de física grupo experimental	65
6.4.2.3 Componente de tecnología grupo experimental	66
6.6 Comparación de resultados por asignatura iniciales y finales del grupo control y experimental.....	70
6.7 Ganancias comparativas entre el grupo control y experimental	72
6.9. Resultados del pre-test Motivación.....	75
6.9.1 Análisis de motivación del grupo control y experimental	77
6.10 Resultados del test Colaboración	82
6.10.1 Análisis de colaboración del grupo control y experimental.....	83
Capítulo 7 Conclusiones	89
Referencias.....	93
Apéndice A	101
Apéndice B.....	108
Apéndice C.....	109
Apéndice D	110
Apéndice E.....	113
Apéndice F.....	117
Apéndice G	118
Apéndice H	121
Apéndice I.....	124
Apéndice J.....	126

Tabla 1 Diagnóstico y combinaciones para una educación integrada	41
Tabla 2 Espacio de aprendizaje con un modelo STEM	42
Tabla 3 Contenidos temáticos	44
Tabla 4 Desarrollo de propuesta STEM.....	45
Tabla 5 Estructura de la propuesta STEM con ABP.....	45
Tabla 6 Caracterización de las preguntas del pre-test.....	47
Tabla 7 Convenciones para evaluar las respuestas a las preguntas abiertas del instrumento de evaluación de conocimiento.....	50
Tabla 8 Resultado en el pre-test, del grupo del control. La tabla discrimina las respuestas por área y pregunta y el resultado global para cada estudiante.....	53
Tabla 9 Respuestas del post-test aplicado al grupo control al finalizar el proceso de investigación contrastadas con el pre-test. Resultados globales por estudiantes y por pregunta.....	55
Tabla 10 Respuestas del pre-test grupo experimental. Resultados discriminados por áreas, estudiantes y preguntas	56
Tabla 11 Resultados del post-test aplicado en el grupo experimental luego de aplicar el enfoque STEM en robótica. Respuestas globales por estudiante y por pregunta	57
Tabla 12 Relación entre resultados en el pre-test y el post-test del grupo control	60
Tabla 13 Relación entre los puntajes en el pre-test y en el post-test obtenidos por el grupo experimental.....	62
Tabla 14 Resultados globales del pre-test y post-test de conocimiento del grupo control y experimental.....	68
Tabla 15 Comparación de medias entre el grupo control (GC) y experimental (GE) en el pre-test y post-test de conocimiento mediante la prueba t-student	69
Tabla 16 Prueba T-Student comparando los resultados de las ganancias en el grupo control y experimental.....	73
Tabla 17 Grupo control. Correlaciones entre resultados de las áreas de conocimiento en el pre-test y en el post-test. Ninguna de estas correlaciones es significativa con $p < 0,05$	74
Tabla 18 Grupo experimental. Correlaciones entre resultados de las áreas de conocimiento en el pre-test y en el post-test. Ninguna de estas correlaciones es significativa con $p < 0,05$	75
Tabla 19 Prueba para medir los componentes de motivación para el grupo control y experimental antes y después del proceso de investigación	76
Tabla 20 Resultados de la aplicación del test en dos momentos: antes (pre-test) y después (post-test) del proceso de formación de los dos grupos (control y experimental). Se muestra el agrupamiento de ítems para cada factor con base en la correlación entre ellos	78
Tabla 21 Prueba para medir los componentes de colaboración para el grupo control y experimental antes y después del proceso de investigación	82
Tabla 22 Resultados de la aplicación del test colaboración en dos momentos: antes (pre-test) y después (post-test) del proceso de formación de los dos grupos (control y experimental). Se muestra el agrupamiento de ítems para cada factor con base en la correlación	85

Gráfica 1. A la izquierda la curva de distribución normalizada de los resultados obtenidos en el pre-test por el grupo control y a la derecha, la curva de distribución normalizada de los resultados obtenidos en el post-test por el mismo grupo.	58
Gráfica 2. A la izquierda la curva de distribución normalizada de los resultados obtenidos en el pre-test por el grupo experimental y, a la derecha, la curva de distribución normalizada de los puntajes obtenidos en el post-test por el mismo grupo.	61
Gráfica 3. Resultado del componente de matemáticas del grupo control en el pre-test y post-test.	63
Gráfica 4. Componente de tecnología grupo control. La instrucción de ingeniería está implícita en esta asignatura	64
Gráfica 5. Componente de física del grupo control	64
Gráfica 6. Componente de matemáticas del grupo experimental	65
Gráfica 7. Componente de física del grupo experimental.....	66
Gráfica 8. Componente de tecnología del grupo experimental.....	67
Gráfica 9 Relación del grupo control y experimental en la aplicación del pre-test en áreas STEM	71
Gráfica 10 Resultados post-test conocimiento luego de aplicar el enfoque STEM en el grupo experimental y la metodología tradicional en el grupo control	72

<i>Figura 1.</i> Modelo piramidal de la educación STEM adaptado de Yakman (2008).....	22
<i>Figura 2.</i> Siete pasos de diseño en ingeniería.....	23
<i>Figura 3.</i> Relación de magnitudes circulares y lineales para el cálculo de distancias y giros (Ocaña, Romero, Gil, & Codina, 2015).....	29
<i>Figura 4.</i> Cuatro palabras para Robótica Educativa. Fuente: García, J.M 2015	35
<i>Figura 5.</i> Presentación pre-test conocimiento grupo control.....	118
<i>Figura 6.</i> Trabajo docente-estudiantes en jornada complementaria. Ajuste en los diseños de los robots y cuaderno de ingeniería para registrar el proceso.....	119
<i>Figura 7.</i> Actividad de cierre proyecto STEM en robótica	119
<i>Figura 8.</i> Lluvia de ideas desarrollado por un grupo de estudiantes del grupo experimental	121
<i>Figura 9.</i> Proceso de análisis de ideas y cálculos matemáticos que resuelven un problema de distancia por medio del teorema de Pitágoras.....	122
<i>Figura 10.</i> Registro del proceso de construcción y refinamiento de las ideas para elaborar un producto final	123
<i>Figura 11.</i> Desarrollo de la programación por bloques para la aplicación de control del robot. Desarrollado en la plataforma app inventor 2.....	124
<i>Figura 12.</i> En la parte izquierda estudiantes desarrollando la interfaz gráfica de la app. En la parte derecha captura de pantalla de la app finalizada.....	125
<i>Figura 13.</i> Reconocimiento de la feria STEM realizada en el colegio Marie Curie del municipio de Mosquera.....	126

Capítulo 1

Introducción

Son casi dos décadas transcurridas desde que afrontamos la reforma de la Constitución Política en Colombia. En ella se le da a la educación, como derecho y servicio público con función social, un carácter integrador, el cual busca forjar ciudadanos respetuosos de los derechos humanos, de la paz y de la democracia, y a la enseñanza de las ciencias un carácter cultural, en tanto es concebida como parte del proceso de creación de identidad nacional. Promulga además que, con la educación, se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica como bienes y valores de la cultura, acceso que se fortalece desde los planes de desarrollo económico y social que efectúa el Estado al apoyar y proveer los procesos de investigación científica, y al crear incentivos para personas e instituciones que desarrollen y fomenten la ciencia, la tecnología y las demás manifestaciones culturales (Constitución Nacional Colombiana, 1991). En definitiva, a través de los siete artículos que establecen los principios fundamentales que regirán a la nación en materia educativa, se señalan derroteros precisos a los colombianos sobre el significado de la educación (Perafán, 2004), únicos responsables de los aciertos y fracasos educativos.

¿Qué ha pasado entonces durante estos últimos años? Tal como lo señalan los trabajos realizados por Hernández (2001), Reyes & Molina (2005), y Gómez (2015), entre otros, se han venido concatenando una serie de políticas educativas, y cambios remanentes a las mismas como estrategias de actualización a las necesidades propias que año tras año han ido surgiendo. Este es el caso de la ley 115 de educación de 1994, la ley

1278 de 2002 por la cual se expide el estatuto de profesionalización docente, o la ley 1290 de 2009 sobre la evaluación del aprendizaje y promoción de los estudiantes en los niveles de educación básica y media.

En estos años se ha realizado una búsqueda primigenia por integrar los procesos de investigación y la docencia en nuestras universidades, así como por algunas entidades no gubernamentales y COLCIENCIAS, que han dado como resultado en el caso de la educación en ciencias, proyectos alrededor de: las ideas previas, el aprendizaje significativo y la enseñanza por problemas, las precisiones conceptuales y construcción o estudios de teorías sobre el aprendizaje de conceptos o sobre la relación pedagógica, las concepciones de los profesores sobre la ciencia y sobre el quehacer del educador, la apropiación de la cultura científica en la formación integral de los estudiantes, la relación entre tecnología y aprendizaje de las ciencias, la producción o medios para la enseñanza, las diferencias entre distintas situaciones escolares, entre diferentes contextos culturales y entre múltiples estrategias pedagógicas, las formas de organizar contenidos, o las formas de aprender, entre otros (Hernández, 2001), siendo aquellos que se relacionan con los procesos de enseñanza–aprendizaje y la profesión del docente los de mayor objeto de estudio (Reyes & Molina, 2005).

Aun así, el panorama con relación a la educación en ciencias, parece seguir en un letargo interminable. Pareciera que el clima cultural colombiano no es muy favorable para el desarrollo de la ciencia (Misas, 2004), y menos aún para su enseñanza, a pesar de contar con profesionales especializados en la enseñanza de las ciencias.

Para superar éstos y otros limitantes, se ha planteado que es necesario que la ciencia y la tecnología dejen de ser cuerpos de conocimiento transferidos y pasen a ser generadores de conocimientos nuevos que satisfagan las necesidades de las comunidades.

Del mismo modo se ha planteado que la investigación en educación deje de ser una mera reflexión sobre los procesos de enseñanza/aprendizaje de los saberes, y se convierta en una investigación que propenda por una reforma educativa profunda que llegue hasta los planteamientos filosóficos y las posiciones epistemológicas de los docentes en torno a la ciencia, su enseñanza y su aprendizaje (Perafán, 2004), así como de la educación misma.

Capítulo 2

Problema de Investigación

2.1 Planteamiento del problema

Los planes de desarrollo nacional y planes económicos colombianos, sugieren que la educación se transforme y propenda por la formación de individuos que se desempeñen eficientemente integrando diferentes áreas del conocimiento, sean capaces de resolver problemas de su cotidianidad (OECD, 2016), líderes, autónomos e innovadores en su desempeño como actores de la economía y la sociedad.

Para tales fines, se ha implementado una educación fundamentada en un sistema por competencias que pretende integrar, fortalecer y contextualizar los procesos de aprendizaje, teniendo en cuenta cuatro pilares en la educación: aprender a conocer, aprender a ser, aprender a hacer y aprender a convivir (Delors, 1996). Y aunque las competencias no pretenden ser el eje central, si se les adjudican enfoques específicos de la docencia, el aprendizaje y la evaluación que caracterizan principalmente la integración de los conocimientos, la construcción de programas de formación dependiendo de los requerimientos disciplinares y la orientación de la educación por medio de estándares e indicadores de calidad (Tobón, 2006).

En la actualidad se requieren docentes que se formen y capaciten continuamente para educar y direccionar aprendizajes orientados por competencias y todo lo que esto conlleva. Por ejemplo, esta exigencia implica un cambio en el sistema de evaluar a los estudiantes de tal forma que se evidencie el logro de competencias desde las perspectivas de cada asignatura. De manera similar, el desarrollo de las clases, antes que a la

enseñanza de contenidos, se requiere que se enfoque al diseño y desarrollo de proyectos, que permitan involucrar diferentes áreas del saber para solucionar un problema, como lo proponen los sistemas actuales de educación de Finlandia (Segura & Argüello, 2018) y Singapur (Reimers & O'Donnell, 2016), reconocidos mundialmente por sus logros de sus estudiantes en las mediciones internacionales de competencias.

Adicionalmente se puede observar que dentro del aula de clase se fragmenta el conocimiento, acentuándose el aprendizaje de una gran cantidad y variedad de contenidos que carecen de sentido en el momento de enfrentarse a una situación del entorno que implique darle una solución, y que, a pesar de las diferentes propuestas pedagógicas desarrolladas para emprender cambios metodológicos en los sistemas de aprendizaje, éstas distan mucho de las realidades de los colegios y universidades. Especialmente en la enseñanza de las ciencias, las prácticas docentes, en su mayoría, siguen métodos tradicionales que no establecen relaciones entre conocimientos y se orientan por modelos transmisionistas (Hernández, 2001). Los métodos tradicionales, con frecuencia muestran tres formas de desintegración: de conocimientos previos con el conocimiento que se enseña; de los conocimientos que se enseñan y los contextos en los cuales se proyecta aplicar, y de los diferentes aprendizajes de ciencias y disciplinas entre sí.

En el campo de la educación en tecnología, las orientaciones generales buscan incentivar a las nuevas generaciones de colombianos, para que la comprendan y se la apropien y fomenten sus capacidades creativas al aplicar recursos, técnicas y conocimientos derivados de ella. De la misma manera, se propende por la disminución de

la brecha entre el conocimiento tecnológico y la vida cotidiana y por la promoción de la competitividad y productividad (Grosman, 2008).

La tecnología relacionada con otros campos del saber potencia la actividad humana y orienta la solución de problemas, la satisfacción de necesidades, la transformación del entorno y la naturaleza, la reflexión crítica sobre el uso de recursos y conocimientos y la producción creativa y responsable de innovaciones que mejoren la calidad de vida (MOVA, 2014). La metodología de la tecnología es el diseño que, por su naturaleza, integra varios campos del saber en soluciones que se concretan en artefactos físicos o en procedimientos y programas de acción, como los programas de computación, que se orientan a la solución creativa de problemas de la sociedad (Simon, 1996).

Se ha observado una resistencia por parte del estudiantado, a aceptar la integración de aprendizajes: no conciben coherente que se intente relacionar asignaturas entre sí; tienden a pensar que los conceptos de matemáticas deben ser aprendidos y aplicados en clase de matemáticas, los de física en física y así sucesivamente. Lo anterior, como lo sustenta Espinosa & Sneider, (2018) se debe a que los procesos educativos siguen siendo los históricamente tradicionales. Ciencias, lenguaje, matemáticas, historia, geografía, artes, educación física, se dictan de manera magistral y aislada unas de otras. Por este motivo, muchas veces los estudiantes no le encuentran sentido a lo que aprenden y lo que aprenden es de corta duración, solo para el examen. Así mismo, como lo plantea Morrison, (2006) se considera que los docentes de tecnología no pueden enseñar ciencias o matemáticas.

Estas actitudes corren paralelas con las prácticas de enseñanza que puede ser reorientadas acordes con las tendencias contemporáneas de investigación más relevantes, las cuales apuntan a la integración de conocimientos como lo señalamos más adelante (Tharayil et al., 2018). Internacionalmente hay preocupación por este fenómeno, pues por una parte, los puestos de trabajo requieren cada vez más de innovadores, personas capaces de integrar conocimientos y colaboración en la práctica laboral, y por otra, los sistemas educativos con mejores resultados tienden a integrar los conocimientos en los procesos de formación y ha dado origen a los enfoques identificados con la sigla STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) (Barcelona, 2014).

Por tal motivo, es importante desarrollar actividades transversales con los estudiantes, no solo en el área de tecnología sino en las demás áreas del conocimiento y especialmente en las ciencias, donde se fortalezca, el trabajo (Felder & Brent, 2014), el planteamiento de hipótesis y solución de problemas, la comprensión y construcción de conocimientos.

Si bien el interés académico por la integración de conocimientos en la formación de estudiantes, especialmente a nivel básico y medio, viene incrementándose, aún la investigación sobre estrategias efectivas de integración está en sus comienzos (Barcelona, 2014). En particular, se visualiza el valor integrador de los proyectos en el enfoque STEM, pero se necesita investigación que permita comprender su valor en la formación de competencias cognitivas y en la colaboración.

Atendiendo a lo anterior, se propone diseñar y validar un sistema de aprendizaje que integre conocimiento matemático, físico, tecnológico e informático, dentro de la

clase de tecnología, utilizando la robótica como eje integrador, para verificar qué tan efectivos y significativos son estos procesos para estudiantes de grado décimo. El proyecto se basa en avances en investigación sobre el enfoque STEM y se orienta al desarrollo de pequeños proyectos retadores para validar este modelo, identificando el desarrollo de conocimientos, motivación y resolución de problemas.

2.2 Formulación del problema

¿El sistema STEM de aprendizaje basado en proyectos de robótica mejora los resultados en competencias de las disciplinas integradas, la motivación y la colaboración, comparado con el sistema convencional?

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Evaluar los cambios de las competencias cognitivas, en motivación y desarrollo de trabajo colaborativo de un grupo de estudiantes de educación media que siguen un enfoque de aprendizaje STEM basado un proyecto de robótica frente a aquellos que experimentan una metodología tradicional.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema STEM de aprendizaje que permita integrar las ciencias aplicadas por medio del desarrollo de proyectos en el campo de la robótica con el propósito de obtener mejores resultados académicos.
- Diseñar proyectos de robótica para estudiantes de educación media, que permitan integrar las ciencias aplicadas empleando el enfoque STEM partiendo de la caracterización de los estudiantes.

- Implementar un proyecto de robótica basado en STEM sobre el modelo aprendizaje por proyectos con estudiantes de educación media.
- Comparar los cambios en las competencias cognitivas de aquellos estudiantes que experimentan un enfoque STEM implementada a un proyecto de robótica frente a aquellos que experimentan una metodología tradicional.
- Comparar los cambios en las competencias en motivación de aquellos estudiantes que experimentan un enfoque STEM implementada a un proyecto de robótica frente a aquellos que experimentan una metodología tradicional.
- Comparar los cambios en las competencias desarrollo de trabajo colaborativo de aquellos estudiantes que experimentan un enfoque STEM implementada a un proyecto de robótica frente a aquellos que experimentan una metodología tradicional.

2.4 Hipótesis

Teniendo en cuenta la pregunta de investigación se pretende dar respuesta a la siguiente hipótesis:

El efecto en el desarrollo de competencias cognitivas, en motivación y desarrollo del trabajo colaborativo son mejores en un sistema STEM basado en proyectos respecto a un modelo tradicional de educación.

La correlación entre los resultados de aprendizaje de competencias de las disciplinas integradas es positiva.

Capítulo 3

Justificación

Una de las alternativas en las estrategias de enseñanza-aprendizaje que se pueden evidenciar en la actualidad, es la implementación de la tecnología para mediar y reforzar procesos en las prácticas pedagógicas desarrolladas por los docentes.

El acceso a la información por medio de internet y la adquisición de componentes mecánicos para la elaboración de proyectos en el área de tecnología e informática, han resultado útiles para desarrollar proyectos que involucren capacidades cognitivas de los estudiantes, razón por la cual se han establecido prácticas como la robótica educativa y en la actualidad el STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

El principal foco de la Educación STEM, es la producción de sistemas cuyo funcionamiento dé cuenta de los principios que rigen las ciencias, que son expresados a través de la matemática, y desarrollados mediante métodos y medios tecnológicos e ingenieriles. Es una tendencia significativamente colaborativa, en la que son comunes los laboratorios, las aulas virtuales y los grupos de robótica, entre otras estrategias, pero no son suficientes cuando no hay un norte establecido (Gómez, 2014).

Aunque el modelo STEM es relativamente nuevo en el mundo, algunos países con los mejores resultados en las pruebas PISA están relacionados con la educación STEM, como lo demuestra un estudio realizado por el gobierno de Australia denominado “STEM: Country Comparison, International Comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) Educación” ; que caracteriza principalmente

modelos educativos en ciencia y tecnología como el de China, Taiwán, Japón, Singapur, Corea del Sur, Canadá, Alemania, Finlandia, Francia, Reino Unido, Brasil y Australia, demostrando que la ruta más sólida para garantizar un futuro próspero para todos los países es la educación con énfasis en las áreas STEM, considerando que el desarrollo de estas áreas son los pilares para el desarrollo de una economía próspera y una participación de género más homogénea.

En consecuencia, las experiencias en robótica educativa y en STEM se han reforzado en Colombia con iniciativas como Bogotá Robótica, LEGO, FisherTeknik, Vex Robotics y los diferentes encuentros entre colegios y universidades que propenden por la motivación hacia el desarrollo y estudio de las ciencias. Desafortunadamente el material que se adquiere y en las competencias que se participa con carácter internacional, requiere de una formación extra y un entendimiento del tipo de educación que se está generando en otros países.

De esta manera, esta iniciativa es una oportunidad para implementar estrategias que comprendan la interdisciplinariedad de las ciencias y así mismo el estudio e implementación de la educación STEM como centro integrador y de desarrollo de las estrategias de aprendizaje, aprovechando el gran interés que despierta la robótica y los resultados evidentes en la implementación de esta.

Por último, mencionar que con el estudio de este trabajo se beneficiarán estudiantes y docentes en el uso de la tecnología, encontrando lineamientos donde encontrarán propuestas teórico-prácticas que podrán ser implementados desde la

perspectiva de cualquier área de las ciencias aplicadas, orientadas a desarrollar ambientes de aprendizaje en torno al STEM y la robótica educativa.

Capítulo 4

Referente Conceptual

4.1 Tradición Investigativa (Estado del Arte)

En el presente documento se presenta el estado del arte, el cual se elaboró a partir de una revisión bibliográfica relacionada con la robótica educativa y STEM (*science, technology, engineering, and mathematics*). En primera instancia se clasificó la información que estuviese relacionada directa e indirectamente con el objeto de estudio y se procedió a sistematizarla en una matriz denominada *corpus documental*. Allí se aplicaron criterios de búsqueda como robótica educativa, STEM en la educación, pedagogía STEM, robótica en la educación, robótica STEM y otros términos derivados de los mismos documentos consultados. Dentro de la búsqueda se incluyeron documentos en inglés y español.

Se clasificaron en total 150 documentos entre artículos, tesis, proyectos de grado de maestría, artículos de revistas y periódicos, vídeos, consultados en bases de datos como EBSCO, Google Académico, Digitalia, Redalyc. La información recopilada está comprendida entre los años 2003 – 2017 e incluye resultados de países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, EE.UU, Cuba, Ecuador, El Salvador, España, Finlandia, México, Perú, Uruguay, Venezuela. Se encontró un aporte significativo en el campo de la robótica educativa entre España y Colombia con un 23% y 25% de la documentación encontrada. El país que más información aporta sobre STEM, es EE.UU, y es el principal promotor y productor de material pedagógico y didáctico en este tema.

Los años con mayor frecuencia de producción académica en el campo de la robótica educativa y STEM se concentran entre los años 2014 – 2017 representando el 50% de la documentación consultada, siendo característico los artículos de revistas y trabajos de grado.

En un proceso posterior, se procede a clasificar toda la información del *corpus documental* en dos categorías: documentos de investigación y documentos teóricos. En la primera categoría se revisa y analiza lo pertinente en relación con las preguntas de investigación, formulación de hipótesis, planteamientos de objetivos de esta investigación. En esta búsqueda se encuentran, en total, 46 documentos, de los cuales 23 son artículos, 9 tesis doctorales, 10 tesis de maestría y 3 libros. Adicionalmente, se observa que el material más cercano al tema de investigación se encuentra en Colombia, con tres documentos provenientes de la Universidad de los Andes, la Universidad de Pamplona de Colombia y STEM Education Colombia.

En la clasificación de documentos teóricos, se encuentran 104, entre artículos de revistas y de periódicos, conferencias, ensayos y ponencias. De éstos, se seleccionan 4 documentos cercanos a la propuesta de investigación: dos de ellos provienen de España y los restantes de Colombia.

Uno de los primeros objetos de estudio para el análisis de la documentación se refiere a la robótica educativa, como la han denominado Rebollo, Albaladejo, Cuadra, & Sánchez (2015). Esta búsqueda permite desarrollar los objetivos, contenidos y competencias propios de las asignaturas de tecnología, además, de experimentar y comprender conocimientos interdisciplinarios de matemáticas, física, informática, etc. En

opinión de Mendoza & Rivera (2013), la robótica educativa, nace como una posibilidad real y eficaz para mejorar la transferencia de información y el aprendizaje de las personas a bajo costo y disminuye con eficacia los obstáculos que representan el tiempo y el espacio. Con ella se recurre a métodos, técnicas y recursos tecnológicos que elevan la productividad y la flexibilidad del proceso de enseñanza aprendizaje.

Para Ruiz & Velasco (1987), citado por Corchuelo (2015), la robótica educativa o “robótica pedagógica es la disciplina que se encarga de concebir y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien en el estudio de las ciencias, en este caso matemáticas, física, electricidad, electrónica, informática y afines, y la tecnología” (p.31). En la práctica se demuestra que es un campo que habilita la interdisciplinariedad dentro de las prácticas docentes.

Los efectos documentados de la robótica sobre el aprendizaje son significativos, de manera tal, que se reconoce como un medio para aprender competencias generales (Sánchez & Guzmán, 2012), lo cual justificar que sea parte de currículo y no se considere como actividad extracurricular. Se encuentran aplicaciones de la robótica en varios campos del aprendizaje, tanto en ciencia como en ingeniería. Márquez & Ruiz (2014) proponen una formación en básica secundaria donde el alumno se apropia del conocimiento, cambiando su paradigma epistemológico de ver la ciencia y el entorno que le rodea, por la activación de la imaginación, la inventiva y la creatividad, siguiendo pautas del método científico. Por esta misma línea encontramos a Chavarría & Saldaño (2010), Jaramillo & Vásquez (2014), Viegas (2017), Bers (2010), que destacan la

importancia de la formación en el ámbito científico y tecnológico, proponiendo nuevas estrategias de aprendizaje por medio de la robótica.

En el área de matemáticas Tec et al. (2010) aplican la plataforma de Lego y Scratch para enseñar conceptos del plano cartesiano, logrando mayor atención y disponibilidad por parte de los estudiantes, como también una mayor facilidad en el proceso de aprendizaje. Ribeiro, Coutinho, & Costa (2011) proponen estrategias de aprendizaje de operaciones básicas, medidas de distancias, rotaciones y ángulos por medio de LEGO NXT, y concluyen que los resultados cambian significativamente frente a los métodos tradicionales de la enseñanza de las matemáticas.

Otras investigaciones sobre robótica educativa (RE), que muestra su desarrollo histórico, son los estudios realizados por Mendoza & Rivera (2013), Corchuelo (2015) y un estado del arte elaborado por Herrera & Rincon (2013). Allí se ratifican las ventajas del uso de la RE y la importancia que ésta ha tenido en el aprendizaje basado en proyectos ABP, en la construcción de ambientes de aprendizaje y en la aplicación de modelos pedagógicos como el de Piaget y Peper.

Pero también se exponen problemas que se han detectado al momento de usar la RE. González & Builes (2009) mencionan que el material de robótica proviene de otros países y su implementación se dificulta debido a que los kits de RE son creados por compañías en países desarrollados con niveles y condiciones de vida diferentes a los de las economías emergentes. Su implementación en uno de estos últimos, requiere de una lectura del entorno y que se desarrollen productos de acuerdo con sus necesidades, recursos y características.

Adicionalmente, la formación docente para la manipulación de nuevos equipos e implementación de nuevas formas de enseñanza, especialmente en el ámbito tecnológico, se enfrenta con una predisposición de rechazo por parte de muchos docentes con base en creencias no fundamentadas, especialmente de los que sobrepasan los 50 años (Hernández, 2016). La inclusión de la RE como herramienta tecnológica es coherente con la reconversión de la práctica pedagógica que promueven los actuales métodos de enseñanza replanteando los roles y funciones de todos los actores educativos (Monsalves, 2011).

Otra dificultad de la RE, consiste en verla como una actividad extracurricular empleada principalmente en clubes de robótica con docentes especializados, impidiendo, de cierta forma, que llegue al aula de clase dentro del currículo establecido.

Las exigencias educativas del siglo XXI requieren que la población en general tenga la capacidad de comprender y manipular de manera eficiente las nuevas tecnologías, además de saber incursionar en el campo de las ciencias promoviendo nuevas formas y métodos de desarrollo científico dentro de su contexto para evitar un detrimento en la economía y desarrollo de las regiones donde, a su vez, se espera una creciente demanda de profesionales en el ámbito científico-tecnológico (Hurtado & González, 2017).

Muchos países como Colombia, durante los últimos años se ha observado una disminución de estudiantes universitarios en las áreas de Ingeniería (Herrera & Rincon, 2013) en paralelo con una baja en el interés de los estudiantes de los colegios por las áreas básicas, que considera tortura para ellos, quizás por la forma en que se enseñan. Por

tal motivo y para cumplir con las demandas político - económicas actuales, países como EE.UU han optado por fortalecer la educación en ciencia y tecnología fomentando una nueva metodología de enseñanza que promueve las áreas fundamentales de las ciencias aplicadas denominada STEM.

El principal foco de la Educación STEM, es la producción de sistemas cuyo funcionamiento integre los principios que rigen las ciencias, que son expresados a través de la matemática y desarrollados mediante métodos y medios tecnológicos e ingenieriles. Es una tendencia significativamente colaborativa, en la que son comunes los laboratorios, las aulas virtuales y los grupos de robótica, entre otras estrategias, pero no son suficientes cuando no hay un norte establecido (Gomez, 2014). Otros postulados que convergen en la misma línea se pueden ver en Schulz (2016) que propone el STEM para realizar ejercicios de modelamiento matemático, promoviendo el trabajo en equipo y la aplicación de las ciencias en la resolución de problemas.

Dentro de los resultados efectivos de procesos aplicados con STEM, tenemos que, si bien los estudiantes desarrollan procesos cognitivos, forman actitudes y habilidades interpersonales, capacidades para crear e implementar ideas inusuales, reconocer y apreciar similitudes y diferencias, trabajar en equipo, percibir valores sociales de otros y persuadir con propuestas (Schulz, 2016).

Hurtado & González (2017) presentan la *gamificación* como recurso que mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. Involucran el modelo pedagógico TPACK que promueve actividades involucradas directamente con STEM, y muestran la importancia y trascendencia que tiene este tipo de metodologías en el aporte educativo-cognitivo de los

estudiantes. En la misma dirección se implementan trabajos en la educación inicial para aprovechar la fase de indagación de los niños y promover métodos científicos para la resolución de problemas apoyando sus procesos de entender y dar sentido a las cosas (Morrison, 2006).

Freeman, et al., (2016) demuestran que la educación basada en STEM logra mayor eficacia en la resolución de problemas y concluyen, después del análisis de 225 estudios sobre resultados en exámenes y tasas de reprobación, muestran un incremento en la probabilidad de aprobar asignaturas de estudiantes que estudian con STEM frente a quienes aprenden con modelos tradicionales de educación.

Ahora bien, la mayor parte de los documentos que hacen referencia STEM son aportes desde el área específica de matemáticas, (Perez & Silva, 2016 ; Manzano, Gómez, & Mozo, 2017; Cifuentes-Guerrero & Adolfo, 2016; Bosch et al., 2011; Schulz, 2016), y muestran consistentemente resultados positivos en el aprendizaje, y que , al igual que la robótica educativa, el STEM se considera una opción extracurricular y no se asume una postura diferente frente a esta posición de las instituciones (Bybee, 2010).

Teniendo en cuenta las ventajas y posibilidades que genera la robótica educativa y STEM, se procede a documentar la unión de estos dos tópicos. Emeagwali (2015) afirma que la robótica se utiliza para alimentar una pasión por STEM y que, se deben cambiar los planes de estudios para que sean asequibles y atractivos para los estudiantes que participan en la robótica competitiva para que se promueva en un futuro la especialización en un campo relacionado con STEM. Otro estudio en este campo es el de Rebollo et al. (2015), quien describe el paradigma de educación STEM y el método de

proyectos como enfoque metodológico que sustenta la propuesta unida a la robótica como asignatura dentro del currículum. En este estudio se muestra el potencial de las asignaturas y de los materiales desarrollados para fomentar la motivación y el aprendizaje de los estudiantes.

Finalmente, en estudios más recientes como el de Espinosa & Sneider (2018) concluyen que el modelo STEM puede ser empleado en los currículums a través de los estándares de ciencias para la próxima generación NGSS. Demuestra las ventajas de trabajar con esta metodología y el potencial que implícitamente tiene para desarrollar las habilidades del siglo XXI.

4.2 Marco Teórico

El presente trabajo se sustenta desde la perspectiva de la robótica educativa y el STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), conceptos que se desarrollarán en el presente capítulo definiendo sus métodos aplicados a diferentes modelos pedagógicos.

4.2.1 Educación STEM

El principal objetivo del enfoque STEM es la producción de sistemas donde su funcionamiento este fundamentado en los principios de la ciencia, que son expresados por medio de la matemática y desarrollados mediante medios y métodos tecnológicos e ingenieriles. Es un modelo colaborativo que requiere la participación activa de los estudiantes y espacios especializados como laboratorios, talleres, aulas virtuales dependiendo de las directrices y metas que se requieran ejecutar.

Para cumplir la caracterización anterior la educación STEM involucra los principios del aprendizaje basado en proyectos (ABP) contando con grandes aliados

como el PMI (Project Management Institute) para definir los criterios básicos en la gestión de proyectos (Gomez, 2014).

Una ventaja de la integración de STEM ABP es la realización de proyectos únicos (generalmente son artefactos) y del uso de un vocabulario específico. Después de identificar las metas de aprendizaje, el maestro desarrolla expectativas para la tarea que se completara junto con las restricciones necesarias para establecer límites de aprendizaje (resumen de diseño).

STEM requiere que los estudiantes resuelvan varios problemas presentados como retos, que en esencia permiten al estudiante abordar temas de ciencias para que profundicen en su aprendizaje y éste sea más duradero; así mismo esta metodología permite la relación con los estudios de educación superior generando cierta articulación.

Una estrategia para desarrollar proyectos STEM es implementar la metodología Brainstroming, que facilita organizar un equipo para la solución de un problema y generar la ruta de acción dirigida a la meta que se pretende llegar. Todos los miembros del equipo aportan y son influyentes en las decisiones independientes del rol que asuman en el grupo (Capraro et al., 2013).

El modelo STEM propone cuatro elementos individuales que, al momento de aplicarse en conjunto a un contexto académico, permiten un trabajo más elaborado para desarrollar competencias cognitivas y actitudinales como se muestra en la Figura 1. Por esta razón es importante desglosar el modelo STEM para comprender sus diferentes elementos y poder analizar su funcionamiento en conjunto. Iniciaremos con las componentes disciplinares.

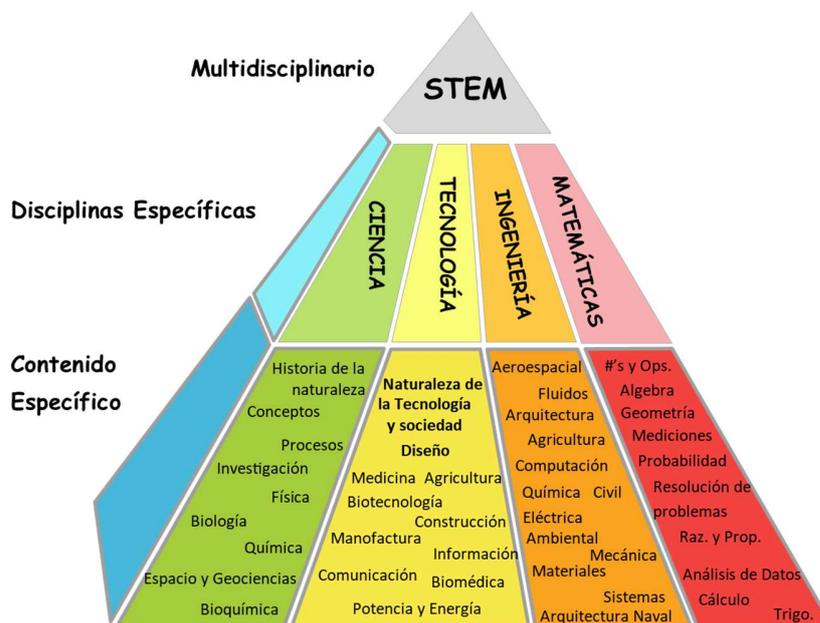


Figura 1. Modelo piramidal de la educación STEM adaptado de Yakman (2008)

4.2.2 Componentes disciplinares STEM

Cada elemento que compone el enfoque STEM tiene en sí mismo un proceso de desarrollo e implementación en el momento de su aplicación en un contexto real. De esta manera es importante profundizar en cada componente y lo que puede aportar en el proceso de solución de algún tipo de problema.

4.2.2.1 STEM Componente de Ingeniería

La ingeniería aplica conceptos de matemáticas, ciencias y tecnología para resolver problemas complejos de manera sistemática. Si bien existe una ruta de ejecución, requiere creatividad en la aplicación de principios científicos para lograr una solución a determinada situación.

Debido a que la ingeniería aborda los problemas del mundo real, proporciona el contexto que permite ilustrar conceptos que de otra manera podrían ser difíciles de visualizar para los estudiantes.

Además, como los problemas de ingeniería son relevantes para los estudiantes y la sociedad, es probable que los estudiantes estén más motivados y comprendan de mejor manera los currículos de matemáticas, ciencias y tecnología.

Para ello, es fundamental seguir una ruta que denominaremos “diseño del proceso”. Seguir un proceso de diseño bien estructurado es importante debido a que proporciona la estructura necesaria para formular la mejor solución posible. Además el hecho de seguir un proceso de diseño genera habilidades y desarrolla la lógica para resolver problemas. A continuación, se presentan los siete pasos de un proceso ingenieril explicado por Morgan, Moon, & Barroso (2013), los cuales desarrollaremos en el siguiente apartado.

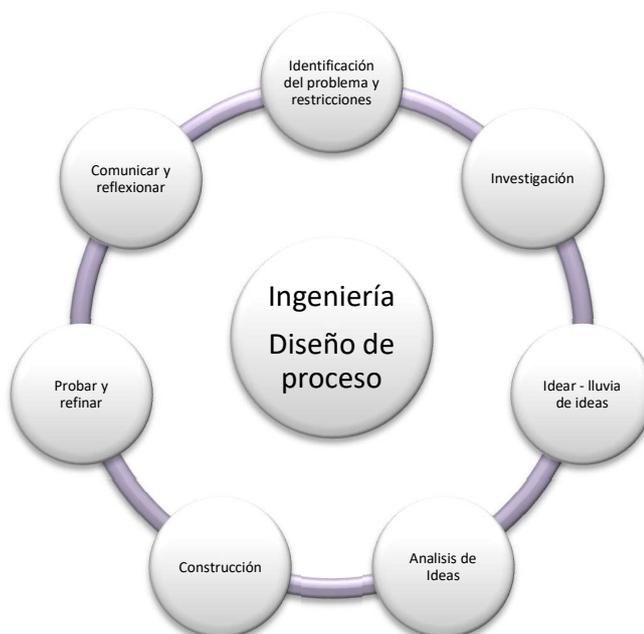


Figura 2. Siete pasos de diseño en ingeniería

4.2.2.1.1 Identificación del problema y restricciones

Aunque esta tarea puede parecer menor, en realidad es de gran importancia. Al identificar el problema, los ingenieros describen de manera clara y concisa el objetivo del trabajo de diseño planificado. Esto brinda una oportunidad para que todas las personas involucradas en el diseño lleguen a un acuerdo sobre los objetivos y el alcance del proyecto. Sin embargo, algunas partes interesadas del proyecto no tienen una voz directa en el proceso.

Por ejemplo, los consumidores pueden no ser parte directa del equipo de diseño y, aun así, tendrán un papel fundamental para determinar si un producto tiene éxito. Adicionalmente, la sociedad se ve afectada por los productos desarrollados, particularmente en un proyecto a gran escala, como puede ser de infraestructura. Los ingenieros deben encontrar una manera de incorporar estos puntos de vista, posiblemente a través de grupos focales o reuniones con los entes de control correspondientes.

Además de definir la meta de diseño, el equipo debe identificar todas las restricciones y criterios apropiados. Las restricciones son limitaciones, como el tiempo y los suministros. Los criterios son características deseables de la entrega final (forma, rendimiento, estética, etc.). Es importante tener en cuenta que las restricciones se cumplen o no, mientras que los criterios se pueden juzgar y utilizar para comparar numerosas ideas en la solución de un problema o el desarrollo de un proyecto.

4.2.2.1.2 Investigación

La investigación proporciona la información necesaria para formular y analizar críticamente las ideas de diseño. Es más eficiente para los ingenieros investigar trabajos

anteriores sobre el tema específico de su diseño y evitar una repetición. Además, los ingenieros deben estar familiarizados con las leyes, normas, aduanas locales y estándares de diseño industrial apropiados. Deben comprender la influencia social y ambiental en la implementación de su proyecto.

4.2.2.1.3 Lluvia de Ideas

El diseño implica la generación de múltiples ideas de soluciones, y la creatividad es una parte esencial de este proceso. Para este fin, los ingenieros de diseño a menudo emplean técnicas como lluvia de ideas. Esta es particularmente útil para atacar problemas específicos (en lugar de generales) y donde se necesita una fuente de ideas nuevas, buenas y frescas. Por lo tanto, se deben utilizar técnicas de intercambio de ideas para desarrollar una lista completa para resolver el problema e identificar todos los riesgos y beneficios asociados con cada idea.

4.2.2.1.4 Análisis de Ideas

Después de que las ideas preliminares hayan sido identificadas, deben refinarse y desarrollarse completamente. La ingeniería aplica los principios de matemática, ciencia y tecnología para este propósito. Se generan modelos matemáticos y científicos que pueden utilizarse para predecir el rendimiento de las diferentes soluciones que se están considerando. Los resultados de estos modelos deben analizarse dentro del contexto de los criterios y restricciones del proyecto para identificar las alternativas viables, de modo que los esfuerzos de diseño puedan concentrarse en ajustar y mejorar esas opciones.

4.2.2.1.5 Construcción

Después de aplicar las matemáticas, la ciencia y la tecnología para desarrollar completamente la mejor idea de diseño, se debe emprender un intento de construir un modelo de trabajo de tamaño completo o un prototipo. Los materiales, los proveedores y los procesos de ensamblaje deben finalizarse para poder construir el prototipo.

4.2.2.1.6 Probar y Refinar

El rendimiento del prototipo se evaluará y probará experimentalmente en todas las condiciones posibles. Para cada evaluación, se debe registrar la documentación completa, incluidas las predicciones, las condiciones de prueba, las observaciones y los resultados. Aunque las condiciones de prueba deberían emular el entorno real del producto terminado, a veces estas condiciones no se conocen en este punto del proyecto. Además, la simulación exacta del entorno real a menudo no es posible. En este punto se debe llevar un registro, videos, notas, fotos que evidencien aciertos o fracasos durante el proceso de ejecución de la idea inicialmente desarrollada.

4.2.2.1.7 Comunicar y Reflexionar

El diseño de ingeniería requiere una comunicación efectiva. Los días de los ingenieros que trabajan independientemente en cubículos con poca interacción son cosa del pasado. Ahora, los problemas de ingeniería requieren experiencia en al menos cuatro estilos de comunicación: interpersonal, oral, visual y escrito.

La comunicación oral a menudo se requiere para recibir validación, aprobación y financiamiento para proyectos. Los buenos ingenieros deben desarrollar las habilidades

para explicar su diseño en términos sencillos y al mismo tiempo, poder respaldarlo con conceptos técnicos y terminología.

El uso de ilustraciones, bocetos, planos, diagramas, gráficos y otros elementos visuales es beneficioso en todo el proceso de diseño. Ayudan a comunicar conceptos difíciles e ideas no desarrolladas, y sirven como entrada para las fases de construcción del proyecto. Si se diseña un producto físico, también se requieren dimensiones detalladas.

La comunicación escrita y la documentación son esenciales para el proceso de diseño. Los ingenieros suelen registrar todos sus pensamientos, investigaciones, dibujos en bruto, bocetos detallados, resultados de pruebas e interacciones en un diario. El formato de una revista varía según las preferencias personales, pero todas las revistas deben estar obligadas a garantizar que las páginas no se eliminen ni se agreguen. Es importante mantener la documentación en orden cronológico para representar con precisión la progresión de las ideas de diseño. La reflexión sobre el proceso y los resultados ayudará a desarrollar el mejor diseño posible, pero puede llevar tiempo que todo se junte, por lo que registrar estos pensamientos en una revista es fundamental para el éxito de un proyecto. El registro en diario adecuado también demostrará la propiedad de las ideas, que pueden ser necesarias para obtener patentes. Esta actividad mejorará la metacognición y conduce a un aprendizaje más profundo.

4.2.2.2 STEM Componente de Matemáticas

Una de las principales motivaciones para implementar un modelo que integre áreas del conocimiento, es la de incentivar al alumnado a resolver problemas que requieran la aplicación de conceptos científicos. De alguna manera los currículos

dirigidos a la educación media en matemática proporcionan elementos para desarrollar sus diversos componentes. Sin embargo, la falta de contextualización y aplicación de las diferentes temáticas hacen que el estudiante tome una postura de resistencia hacia el aprendizaje. Tenemos modelos muy complejos que son poco significativos y carentes de relación en la aplicación de las matemáticas (Flores, 2018).

Como lo expone la ingeniería, existe una ruta de resolución de problemas que requiere de la intervención de varias áreas del saber y especialmente de modelar sistemas para generar soluciones más eficientes. Con casos muy particulares se podría evidenciar este componente; por ejemplo, cuando se utiliza una tecnología milenaria como un barco, se hace conexión con la física de flotación y la matemática para calcular la resistencia a diferentes cargas; cuando se utiliza otra tecnología milenaria como la cocina se puede conectar con la química molecular, la biología de la digestión y la absorción energética y la matemática para describir los patrones dinámicos de absorción. Cuando se utiliza una tecnología más reciente, como las pantallas de TV o PC, se podría conectar la biología de la visión y la matemática para calcular la información a diferentes tasas de muestreo (Schulz, 2016).

Otro ejemplo es cuando se trabaja con sistemas de desplazamiento (Gráfica 3) y se puede aplicar la trigonometría, gráficas y funciones, elementos que generan normalmente resistencia por parte de los estudiantes, pero que presentados dentro de otro modelo resultan atractivos de aprender. (Rebollo et al., 2015).

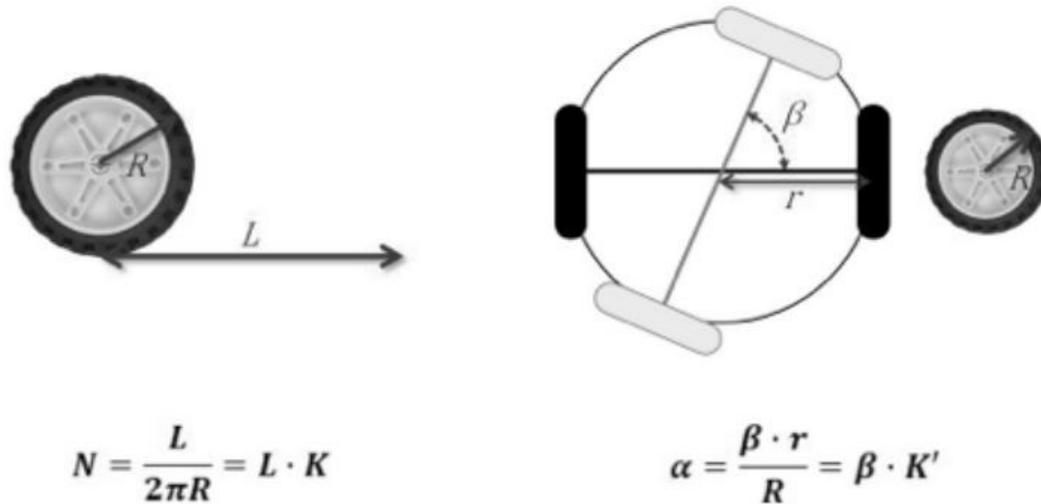


Figura 3. Relación de magnitudes circulares y lineales para el cálculo de distancias y giros (Ocaña, Romero, Gil, & Codina, 2015)

4.2.2.3 STEM Componente de Ciencia y Tecnología

En el contexto STEM, la tecnología no solo se preocupa porque los estudiantes usen con sentido crítico diferentes dispositivos tecnológicos para resolver problemas o que seleccionen la pertinencia e idoneidad de cada uno de acuerdo al propósito que se tenga, que no es poco, también incluye el diseño y la construcción de dispositivos o el manejo de herramientas, no necesariamente computacionales (Charro & Martín, 2018).

La relación entre ciencia y tecnología es muy cercana tanto en un espacio educativo como en el mundo real, donde los avances científicos van de la mano con los avances tecnológicos y donde la ciencia es necesaria para desarrollar la tecnología.

En este sentido, presentaremos a continuación los dos componentes STEM de ciencia y tecnología y su aporte dentro del modelo.

4.2.2.3.1 Ciencias analíticas y ciencias de síntesis

La educación en ciencias analíticas está orientada a comprender los sistemas y procesos que existen de forma natural y los procedimientos metodológicos para su estudio (Yakman, 2008). La ciencia analítica tiene desarrollos que se muestran disciplinas como la física, la biología, la química, la bioquímica.

El pensamiento científico analítico de los estudiantes les permite comprender principios científicos al mismo tiempo que contextualizarlos e integrarlos en la solución de problemas nuevos. El análisis científico es un aspecto importante junto con los procesos experimentales para generar un desarrollo y evolución de la ciencia. Los procesos de inferencia deductiva que posibilita comprender casos particulares a partir de principios generales, y la inferencia inductiva que permite elaborar generalizaciones a partir del estudio de casos, cuando se hacen de manera sistemática constituyen manifestaciones del pensamiento científico y están facilitados por actitudes positivas.

Adicionalmente el aprendizaje científico, cuya herramienta es el descubrimiento guiado, demanda tres procesos formativos: la exploración de los puntos de vista existentes para promover la creación de una nueva idea, la experimentación y la argumentación sustentada para lograr un consenso disciplinar final (DeBoer, 1991).

El aporte disciplinar del aprendizaje científico se encuentra principalmente en la metodología, en el llamado “método científico experimentado”, donde su ejecución puede ser transversal a otros campos del saber y los estudiantes pueden ser orientados en procesos cognitivos con cierta rigurosidad y orden en la solución de problemas que se derivan de situaciones del contexto.

4.2.2.3.2 Tecnología, ciencia de síntesis

Simon (1996) caracteriza el conocimiento tecnológico y la ingeniería como orientado a la síntesis que se concreta en soluciones a problemas que pueden ser artefactos, procedimientos (protocolos o algoritmos) y heurísticas. El conocimiento que se integra incluye, por una parte, los desarrollos de ciencias analíticas como la física, la química o la biología; los desarrollos de las ciencias formales o matemática que muestran estrategias para representar en estructuras abstractas de símbolos relaciones posibles entre entidades; y el conocimiento aportado por el arte y el mismo sentido común.

La ciencia de síntesis, como la ingeniería, la medicina o la pedagogía, se orientan por los principios epistemológicos de solución válida – resuelve el problema que intenta resolver -, mejor solución – una mejor solución en comparación con otra es generadora de innovación – y simulación – simular es comprender la dinámica de un sistema –. La informática contribuye a la formación del pensamiento sistémico como la visión de la realidad en términos de sistemas integrados por relaciones.

La tecnología como ciencia de síntesis se fundamenta en el diseño de sistemas como metodología fundamental y en la programación como método específico orientado a la simulación de sistemas.

La educación en tecnología está orientada a estudiar lo que ha sido construido por el ser humano (Yakman, 2008) y a desarrollar capacidades para integrar conocimientos en la solución de problemas generados en contextos de la realidad física, social y cultural. Como disciplina escolar, la tecnología fue la última en llegar a los planes educativos (en la actualidad no maneja un currículo estandarizado, lo cual repercute en su flexibilidad y

posibilidad de innovación) y desde ese momento la integración con áreas como las matemáticas y las ciencias fue evidentes (Zapatera & Montes, 2017).

Las ciencias analíticas y formales y la tecnología como ciencia de síntesis, tienen una relación de colaboración y complementación mutua de tal manera que los avances en la una afectan los avances en la otra. Las ciencias son necesarias para el desarrollo de la tecnología y ésta ayuda a los avances científicos.

La educación en tecnología está referida a conceptos como su naturaleza, el pensamiento sistémico, su relación con la sociedad, el diseño, las habilidades para un mundo tecnológico, sin embargo, el objetivo principal de la tecnología como asignatura ha sido alfabetizar personas tecnológicamente, tanto funcional como técnicamente, y de esta manera tengan la capacidad de adaptarse a los cambios tecnológicos constantes, por esta razón su enfoque en relación a los conceptos, no han sido tan relevantes y más bien se centra en la comprensión de los sistemas tecnológicos y sus relaciones (Zapatera & Montes, 2017).

La tecnología como ciencia de síntesis para un país como Colombia, con tradición débil en desarrollo tecnológico (Poveda, 2003), debería fortalecer el desarrollo de competencias para diseñar sistemas, validar soluciones y simular procesos, lo anterior puede contribuir significativamente a que se desarrollen sinergias entre áreas de formación y se avance en la educación para la innovación.

4.2.3 Robótica Educativa

En Colombia el uso de la robótica como componente educativo se observa inicialmente en los procesos de formación universitaria. En la educación secundaria se

trabajan grupos independientes de robótica como optativas o grupos de formación complementaria que ocasionalmente son patrocinados por los entes territoriales educativos.

Dentro de estos grupos de formación lo que inicialmente inicia como un hobby, con el tiempo se transforma para algunos estudiantes en una posibilidad de vida al estudiar carreras universitarias en campos de ciencia y tecnología.

La robótica educativa es la generación de entornos de aprendizaje basados principalmente en la iniciativa y la actividad de los estudiantes. Su inclusión en los procesos de formación promueve la integración de conocimientos por parte de los estudiantes que de esta manera desarrollan habilidades de investigación y resolución de problemas. El principio epistemológico de la ciencia de síntesis, de validez de las soluciones y de la mejor solución, contribuye al desarrollo de la creatividad y el pensamiento innovador de los estudiantes (Odorico, 2004).

Dentro de los logros que se pueden describir de este tipo de ambientes de aprendizaje como lo expone Odorico (2004) tenemos:

- Construyen estrategias para la resolución de problemas. Utilizan el método experimental para probar y generar nuevas hipótesis sobre la solución a un problema específico, de forma natural, experimental y vivencial de cada estudiante.
- Utilizan un vocabulario especializado y construyen sus propias concepciones acerca del significado de cada objeto que manipulan.

- Seleccionan las piezas de construcción como ejes, piñones, poleas, actuadores, sensores que son más útiles acordes a la necesidad.
- Amplían el currículo escolar atendiendo a sus intereses e investigando dentro de su medio socio-cultural.
- Comparten experiencias con otros grupos de estudiantes que se desempeñan dentro de los mismos ambientes y elaboran un propio conocimiento a partir de este tipo de prácticas.

Si hablamos de robótica educativa debemos mencionar bajo qué modelos pedagógicos se desenvuelve, y son tan variados que encasillarla en uno solo no tendría sentido. Aunque puede existir una tendencia si se revisan los proyectos desarrollados en esta área. Uno de ellos es el constructivismo (Márquez & Ruiz, 2014) que fomenta el desarrollo de proyectos sustentados desde la programación, electrónica, matemáticas y física. Otro modelo con resultados similares es el ABP.

Ahora bien, dentro de la robótica educativa también existe un proceso de desarrollo de proyectos. García (2015) reconocen un proceso de trabajo en cuatro líneas: Imaginar, Diseñar, Construir y Programar (García & Castrillejo, 2007) las cuales describiremos a continuación:

Construir: Los proyectos imaginados y diseñados son armados por el equipo de trabajo, vinculando los conocimientos teóricos con las habilidades manuales necesarias para su desarrollo.

Programar: Los mecanismos construidos son programados a través del computador enlazados a interfaces de comunicación entre estas dos partes (mecanismos-computador).

Este componente desarrolla tanto el pensamiento lógico como la capacidad de autopercepción y análisis espacial. Para poder indicarle a un robot los movimientos que se quieren realizar es necesario conceptualizarlos, en ocasiones con el propio cuerpo, así como anticipar que ocurrirá con el mecanismo cuando se ejecuten las órdenes dadas a través del programa.

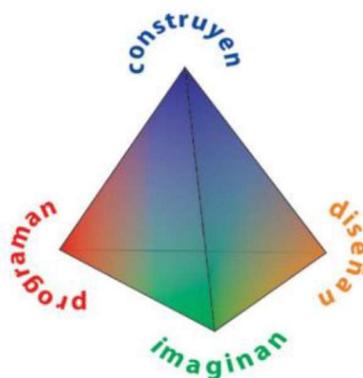


Figura 4. Cuatro palabras para Robótica Educativa. Fuente: García, J.M 2015

4.2.4 Metodología STEM orientado a proyectos de robótica

Rebollo et al. (2015) y Flores (2018) integran la robótica al aprendizaje con enfoque STEM, aportan evidencias que muestran mejoramiento de la motivación, la autonomía, el trabajo en grupo y el desarrollo cognitivo, y mejoramiento académico en general.

Diseñar un programa de robótica con STEM impulsa sinergias entre las áreas del conocimiento que vale la pena estudiar. La robótica no sustituye ni entra en conflicto con las asignaturas oficiales (matemáticas, física, informática, tecnología). Sin embargo, en algunas ocasiones los estudiantes aprenden contenidos nuevos que acorde con lo programado en el currículo oficial aprendería posteriormente. Ocaña, Romero, Gil, &

Codina (2015) presentan el caso de tipos de movimiento relativo y absoluto en física, propio de primeros semestres de carreras universitarias. Este tipo de movimiento es utilizado por los estudiantes cuando un robot en movimiento lanza un objeto que debe ser controlado en velocidad y/o trayectoria.

En otras ocasiones, los estudiantes aprenden a contextualizar conceptos que solo aplicaban para resolver ejercicios de clase. Por ejemplo, un estudiante identifica la trayectoria de un robot que toma diferentes caminos dependiendo de la superficie en que se desplaza (ejercicio práctico y de observación) mientras en su clase de física resuelve problemas sobre la fuerza de rozamiento. La robótica + STEM es punto de encuentro para relacionar los conocimientos con situaciones concretas.

Otra experiencia de STEM y robótica es presentada por Garzón, (2016). Trabaja conocimientos específicos en matemáticas y geometría como: unidades de medida, grados, circunferencia, ecuaciones de primer orden, estadística, cálculo de error, figuras geométricas, cálculo de ángulos, funciones; en el área de física se considera fenómenos físicos como temperatura, propagación de las ondas, propagación del sonido, aceleración y velocidad. Los estudiantes integran estos conocimientos en la programación del comportamiento de un robot, ponen a prueba lo aprendido y fortalecen habilidades del siglo XXI (como lo indica el mismo modelo STEM) como trabajo en equipo, resolución de problemas, comunicación entre pares, liderazgo y habilidades de lecto escritura (Garzón, 2016).

4.2.5 Pedagogía y STEM

La metodología STEM, utilizada ampliamente en los Estados Unidos, Finlandia, Corea, recurre a la integración de todas las disciplinas de carácter científico direccionado esencialmente a la solución de problemas de situaciones abiertas y no estructuradas, empleando contenidos propios de las diferentes asignaturas. Adicionalmente, el desarrollo de este tipo de problemas genera como resultado la creación de un producto por parte de los estudiantes.

Esta metodología promueve la motivación de los estudiantes, la retención de los aprendizajes por periodos de tiempo más prolongados y la capacidad de transferir aprendizaje entre contextos, y en definitiva, el aprendizaje por competencias básicas (Charro & Martín, 2018). La metodología STEM comparte rasgos afines con el constructivismo (el aprendizaje se construye, no se transmite), aprendizaje significativo, contextualización y aplicación de los conocimientos a situaciones reales; pero va más allá en enfoques de investigación más avanzada como el enfoque ecológico del aprendizaje en el cual los conceptos y la percepción se vinculan con la acción y el uso de dispositivos (Maldonado et al. 2019) y de desarrollos más avanzados de neurociencia cognitiva como el enfoque de conocimiento incorporado – *embodied cognition* - (Dove, 2016) que muestra el aprendizaje como un proceso sistémico que integra la percepción, la acción – vinculada a dispositivos – y la emoción en ciclos de experiencias que desarrollan curvas de aprendizaje con soporte neuronal, cuya asíntota es indicador de habilidad o competencia.

La implementación de una metodología STEM en los procesos de aprendizaje abre perspectivas de investigación pedagógica avanzada con potencial innovador tanto en la comprensión de procesos de formación como en el mejoramiento de los métodos pedagógicos.

Capítulo 5

Metodología

En este capítulo se exponen los fundamentos básicos del proceder metodológico. Se presenta el contexto de la investigación, el diseño metodológico y sus fases, los procesos desarrollados, los instrumentos utilizados para la recolección de datos y los mecanismos usados para la validación hipótesis.

5.1 Diseño de la Investigación:

Según la clasificación establecida por Hernández, Fernández, & Baptista (2010) este estudio sigue un modelo cuasi experimental con pre-test y post-test y grupos dados, sin asignación aleatoria. La metodología compara el desarrollo cognitivo, motivacional y colaborativo de un grupo experimental que emplea un modelo STEM, con respecto a un grupo control que sigue clases tradicionales.

Atendiendo a los objetivos, la propuesta se desarrolla en tres fases diferentes, una de caracterización, otra de diseño y finalmente una de intervención y evaluación.

5.1.1 Fase de caracterización:

Revisión bibliográfica: se realizó una primera revisión sobre la forma de implementación del enfoque STEM en el proceso educativo para desarrollar las habilidades del siglo XXI y hacer integración de conocimiento; y en una segunda sobre integración de componentes de robótica en enfoque STEM. De esta manera se tiene una visión y comprensión de la dinámica de formación en su conjunto.

Planteamiento del problema de investigación: luego de la revisión bibliográfica se detectó la necesidad de hacer estudios en este campo para validar su metodología en

un contexto latinoamericano y con estudiantes de educación media en una institución de carácter pública.

Diseño del cuestionario: se tomaron para la medición variables sociodemográficas (sexo, edad), cognitivas, motivacionales y de colaboración. Se diseñó un test con tres secciones: la primera, sobre conocimientos, con preguntas abiertas y de selección múltiple en disciplinas de matemáticas, física y tecnología e informática; la segunda, con preguntas en escala de Likert, para conocer características de motivación – actitud hacia el aprendizaje –; y la tercera, también con preguntas en escala de Likert, para trabajo colaborativo de los estudiantes en asignaturas de física, matemáticas y tecnología e informática.

Optamos por una forma de aplicación de cuestionario auto-administrado y enviado vía correo electrónico sin la interlocución del investigador. Los estudiantes contaron con instrucciones claras e información previa sobre la intención del proceso de evaluación, y todas sus dudas fueron resueltas antes de iniciar a responder las preguntas. Cada cuestionario se respondió en momentos diferentes

5.1.2 Integración de conocimiento

Antes de diseñar la propuesta de intervención STEM con robótica, se valoró el estado actual de la institución educativa respecto a la integración de las asignaturas STEM. En la tabla 1 se describen tres situaciones en las columnas que describen los estados iniciales y finales de lo proyectado con la propuesta investigativa. Por ejemplo, la primera fila indica que inicialmente los componentes STEM en la institución educativa se encuentran presentes únicamente la instrucción de ciencia y matemática por separado. En

la situación deseada se requiere incluir la instrucción en tecnología. Al finalizar la propuesta como se muestra en la fila cuatro, se propone pasar de tener las asignaturas de ciencia, matemáticas, tecnología e ingeniería por separado a un estado final donde se integre la tecnología y la ingeniería. De esta manera se describe el estado inicial del grupo experimental y el estado deseado al finalizar la propuesta investigativa respecto a la aplicación de la propuesta STEM. Para el grupo control, recordemos que seguirá con sus clases habituales estando presente únicamente la instrucción de ciencias, matemáticas y tecnología por separado.

Tabla 1

Diagnóstico y combinaciones para una educación integrada.

Situación Inicial	Asignaturas STEM								Situación deseada
Solo se estudian ciencias y matemáticas de forma separada	S			M	S	T		M	Incluir la nueva instrucción de tecnología de forma separada
Se estudian las asignaturas STEM de forma separada, excepto ingeniería	S	T		M	S	T	E	M	Incluir todas las asignaturas STEM separadamente.
Se estudian las asignaturas STEM de forma separada, excepto ingeniería	S	T	E	M	S	T	E	M	Tecnología e ingeniería se dictan de forma integrada.

Nota: Tomado de (Espinosa & Sneider, 2018)) S: Ciencias ; T: Tecnología ; M: Matemáticas; E: Ingeniería

5.1.3 Fase de Diseño:

Se diseñó una unidad temática desarrolladas en la asignatura de tecnología e informática. El contenido seleccionado se desarrolló mediante el modelo espacio de aprendizaje desarrollado por Maldonado, Benítez, Achipiz, & Rengifo (2019), donde se relacionan conceptos con acciones y de esta manera determinar las competencias que se querían desarrollar con los estudiantes.

Para los conceptos seleccionados se agregaron los contenidos sugeridos en los desempeños básicos de aprendizaje (DBA) orientados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en las áreas de matemáticas, física, tecnología e informática. El espacio de aprendizaje desarrollado se presenta a continuación:

Tabla 2

Espacio de aprendizaje con un modelo STEM

Disciplina	Física			Matemáticas		Tecnología e Informática		
	Definir	Resolver	Graficar	Calcular	Ubicar en el espacio	Diseñar mecanismo	Programar	Comunicar
Velocidad (MRU)*	x	x	x	x				x
Plano cartesiano			X	x	x			x
Robótica		x	x		x	x	X	x

Nota: Tomada de Maldonado et al. (2019). *Movimiento Rectilíneo Uniforme.

En los dos grupos se desarrolló el mismo contenido curricular seleccionado a partir de la intervención de expertos en las áreas STEM.

5.1.4 Fase de Intervención y evaluación:

Se seleccionaron los dos grupos de grado décimo de la institución.

Aleatoriamente se determinó el grupo control y el experimental. Se aplicó el cuestionario antes de implementar la unidad de enseñanza. Posteriormente se realizaron las siguientes acciones:

- Formar los grupos: antes de comenzar la actividad se organizarán los grupos.

Puede ser aleatoriamente o acorde a las habilidades de cada estudiante.

Recordemos que en este tipo de trabajos existen varios roles a desarrollar. En este punto cada grupo estudiará la pregunta esencial y realizará una lluvia de ideas para su solución. Todos los aportes de registrarán en un libro de ingeniería orientado al desarrollo de la actividad.

- Indicar las restricciones: los grupos de estudiantes deben tener claro las restricciones de la actividad como la forma en que se les evaluará.
- Los estudiantes deben tener claro el proceso de diseño en ingeniería. Para ello se pueden apoyar en el cuaderno de ingeniería que deben desarrollar durante el proceso de elaboración de la actividad.

Una vez desarrollada la propuesta STEM con el grupo experimental y se desarrolla la unidad de enseñanza correspondiente con el grupo control, se implementa de nuevo el cuestionario inicial para observar y estudiar los posibles cambios después de la experiencia. Adicionalmente se analiza la información registrada en el cuaderno de ingeniería presentado por los estudiantes del grupo experimental.

5.2 Participantes:

Se contó con 39 estudiantes de grado décimo con edades comprendidas entre los 14 y 17 años de la Institución Educativa Departamental Eduardo Santos del Municipio de Yacopi Cundinamarca. 18 pertenecientes al grupo control y 21 al grupo experimental.

Para identificar mejoras en el aprendizaje de las asignaturas de matemáticas, física y tecnología e informática (robótica), se desarrollaron, en paralelo, seis sesiones de clase por cada asignatura. Con el grupo experimental de forma particular en la asignatura de tecnología, se implementó el proyecto STEM en robótica, mientras que con el grupo control se siguió una metodología tradicional.

5.2.1 Metodología seguida con el Grupo control:

La metodología para el grupo de control corresponde a clases convencionales, donde el docente es el principal responsable del proceso de aprendizaje. Las unidades

didácticas de las asignaturas STEM se realizan de forma separada y solamente áreas STEM. En este caso el diseño de cada unidad temática se implementará de la siguiente manera:

Tabla 3

Contenidos temáticos

Ítem	Contenido	Asignatura	Competencia	Tiempo
1	Velocidad (MRU)	Física	Adquirir estrategias que permitan resolver cuestiones físicas relacionadas con los movimientos.	4 horas
2	Solución de problemas geométricos en el plano cartesiano.	Matemáticas	Representa puntos en un sistema de ejes coordenados y los relaciona entre sí para determinar distancias.	4 horas
3	Robótica. <ul style="list-style-type: none"> • Algoritmos • Voltaje, corriente, resistencia • Placas programables, sistemas embebidos • Código por bloques • Servomotor y motores DC 	Tecnología e Informática.	Construye robots aplicando conocimientos de programación - electrónica donde evidencie destrezas en la resolución de problemas.	10 horas

Nota: Las competencias corresponden a las propuestas en el currículo en cada asignatura para la IE Eduardo Santos del Municipio de Yacopi.

5.2.2 Metodología seguida con el Grupo Experimental:

Las sesiones destinadas al proyecto STEM en robótica desarrolladas con el grupo experimental se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4

Desarrollo de propuesta STEM

Unidades didácticas	Tiempo	Actividad
2	120 min	Aplicación del pre-test. Presentación de la propuesta. Tiempos de entrega de las diferentes actividades.
2	120 min	Asignación de grupos y entrega del cuaderno de ingeniería. Presentación de las restricciones del proyecto STEM. Desarrollo matriz lluvia de ideas.
2	120 min	Investigación para formular y analizar las ideas de diseño desarrolladas en la lluvia de ideas. Consulta y registro de proyectos similares (antecedentes).
4	240 min	Construcción del modelo.
2	120 min	Pruebas y ajustes del modelo.
2	120 min	Presentación final del proyecto. Experiencias y resultados.
2	120 min	Aplicación del pos-test.

Nota: Las sesiones se organizaron a partir del componente de ingeniería que cumple el rol integrador dentro de la propuesta. Adicionalmente los estudiantes destinaron tiempos extra-clase para completar el proceso.

Como se describió en el marco teórico, una propuesta STEM requiere una pregunta central que desencadene una serie de acciones que permitan que el estudiante aprenda, siguiendo las fases de diseño propuesta por la ingeniería y por la acción misma de trabajar colaborativamente y aplicando su conocimiento en un ambiente más contextualizado. La siguiente estructura desarrolla el mismo contenido que el grupo control, pero adaptada a un modelo STEM:

Tabla 5

Estructura de la propuesta STEM con ABP

Ítem	Actividad STEM con ABP	Derrumbes locales
1.	Pregunta esencial	¿Cómo un vehículo no tripulado puede despejar los derrumbes presentes en la zona durante la temporada de invierno?
2.	Objetivos de aprendizaje STEM	Comprende las causas naturales que implica un derrumbe. Relaciona la velocidad del vehículo con el tipo de carretera.

		Reconoce coordenadas geospaciales para determinar la posición de un vehículo y realizar diferentes trayectorias.
3.	Conocimientos previos	Los estudiantes deben tener conocimientos previos básicos del sistema de coordenadas, velocidad, programación de sistemas embebidos.
4.	Nuevos conceptos fundamentales	Al finalizar la actividad los estudiantes deberán haber desarrollado habilidades de pensamiento computacional, ubicación espacial. Dominio de lenguaje científico en electricidad y mecánica. Adicionalmente deben desarrollar habilidades para construir modelos a escala.
5.	Resultado	Construirán un modelo a escala de un móvil que tenga la capacidad de recoger diferentes elementos ubicados espacialmente dentro de una pista con sistema de coordenadas. Será controlado remotamente y respetará límites de velocidad acorde a la zona donde se encuentre dentro de la pista. El móvil se construirá con materiales de bajo coste como cartón, madera, alambre, palos de paleta, poliestireno expandido (Icopor, Telgopor, plumavit, poliespuma, espumaflex). El resultado debe registrarse en el cuaderno de ingeniería.
6.	Asignaturas involucradas	Tecnología e Informática

Nota: Tomado de Espinosa & Sneider (2018). Problema de un contexto cercano y con la asignatura de Tecnología e Informática con una propuesta en robótica, basada en Arduino como interfaz y lenguaje de programación.

5.3 Instrumentos:

Se implementaron cuestionarios para la medición de las tres variables de estudio: conocimiento, motivación y colaboración, denominados test. A continuación describimos cada uno.

5.3.1 Cuestionario

Para la variable (parte A) se realizó una serie de preguntas de selección múltiple con única respuesta sobre matemática, física y tecnología. La segunda y tercera parte

(parte B y C) son ítems con escala de Likert que caracteriza el nivel motivacional y colaborativo de los estudiantes.

Este instrumento se aplicó por escrito a los dos grupos en dos momentos: inmediatamente antes del inicio de la experiencia y al final del proceso, dentro de la jornada escolar en un tiempo de dos horas. A continuación, se presenta la estructura de los test:

Tabla 6

Caracterización de las preguntas del pre-test

Variable	Factor	Constructo	Pregunta
Conocimiento	Matemáticas Análisis	Evalúa la capacidad de análisis a partir de una situación problema relacionada con el sistema de coordenadas.	1,2
	Matemáticas Operacional	Resuelve operaciones relacionados con el sistema de plano cartesiano.	3,5
	Matemática Espacial	Ubica geográficamente elementos dentro de un plano cartesiano.	4, 6
	Física Análisis	Evalúa la capacidad de análisis a partir de una situación problema relacionada con el concepto de velocidad.	6,7
	Física Operacional	Desarrolla ejercicios a partir del concepto de velocidad.	9,10
	Física Gráfica	Reconoce gráficamente el concepto de velocidad en un plano cartesiano.	8
	Tecnología e Informática	Soluciona situaciones problema a partir de conceptos de diseño, ingeniería y electrónica.	11
Segunda Parte			
Motivación	Motivación profunda (MP)	Se refiere a la importancia del estudio en las áreas STEM y las posibles utilidades que el estudiante relacione.	2,5,7,9,11,12, 14,17,20,22
	Motivación de rendimiento (MR)	Se evalúa aspectos motivacionales referentes a la obtención de buenos resultados académicos.	3,10,13,15, 18,19
	Motivación Superficial (MS)	Comprende el componente actitudinal y la postura emocional del estudiante frente a situaciones particulares dentro del proceso educativo.	1,4,6,8,16,21
Tercera Parte			
Trabajo Colaborativo	Heterogeneidad	Evalúa las habilidades que tiene cada integrante de un grupo.	1,3,6,10

Habilidades sociales	Desarrollo del comportamiento y actitud en trabajos grupales.	7,11
Interacción	Evalúa la comunicación de los integrantes de un grupo y la posibilidad de expresarse con los demás.	4,8,12,19
Interdependencia Positiva	Corresponde a la suma de habilidades individuales que complementa a cada integrante de un grupo, permitiendo un aprendizaje entre pares.	2,5,9,13,14,15,16,17,18

Nota: La segunda parte referente a la motivación, los componentes MP, MR y MS (Barca et al., 2005) se pueden relacionar con los términos motivación intrínseca, motivación de logro y evitación del fracaso. En la tercera parte de trabajo colaborativo se referencio una investigación de diseño de un instrumento para validar el trabajo colaborativo en educación de un grupo de 70 estudiantes (Atxurra et al., 2015)

Para la medición de la variable motivación se utilizó un cuestionario desarrollado por Barca et al. (2005) el cual desarrolla las preguntas acorde a los estudios previos de los componentes motivacionales que se describen en un marco educativo respecto al aprendizaje, como los son la motivación profunda, de rendimiento y superficial.

En el caso de la variable colaboración el cuestionario es propuesto por Atxurra et al. (2015) y proponen características descritas en la tabla 4 como la heterogeneidad, habilidades sociales, interacción e interdependencia positiva.

Los resultados en el pre-test y en el post-test permitieron responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Son los dos grupos iguales estadísticamente al iniciar el proceso de formación?
2. ¿Son estadísticamente iguales los grupos comparado su desempeño inicial con su desempeño al final del proceso?
3. ¿Son los dos grupos iguales al finalizar el proceso de formación?
4. ¿El aprendizaje logrado por los dos grupos es estadísticamente igual?

5. ¿Cuál es la correlación entre los resultados de conocimiento de las diferentes áreas al inicio del proceso y al final?
6. ¿Cuál fue el cambio en motivación?
7. ¿Hubo cambio en la variable colaboración?

5.3.1.1 Variable conocimiento

Se realizaron 15 preguntas subdivididas en las áreas de matemáticas, física y tecnología formaron parte de la variable conocimiento en el cuestionario implementado al inicio de la experiencia y al final del proceso. En su orden se presentaron preguntas de matemáticas orientadas al contenido de ubicación y distancia entre puntos del plano cartesiano, en física al movimiento rectilíneo uniforme y en tecnología, al análisis y solución de problemas (bocetos, materiales, lluvia de ideas y relación de la matemática y física para la resolución de problemas). Preguntas de selección múltiple y abiertas formaron parte de esta variable.

Para el análisis de este último tipo de preguntas se construyeron unas convenciones como se muestra en la tabla 7 que determinan el tipo de respuesta suministrada por el estudiante. Estas convenciones están implícitas en las tablas de respuestas del pre-test y post-test del grupo control y experimental.

Finalmente, el análisis y comparación de la variable conocimiento de los grupos control y experimental se usó la prueba t de Student y estadística descriptiva para caracterizar los cambios en los dos grupos en el pre y post test; para determinar la correlación entre las categorías de conocimiento en matemáticas, física y tecnología se aplicó el análisis de correlación de Pearson.

Tabla 7

Convenciones para evaluar las respuestas a las preguntas abiertas del instrumento de evaluación de conocimiento.

Pregunta	Convención	Respuestas pre-test y post-test de conocimiento en matemáticas, física y tecnología
3	7PV	Dos puntos en el plano cartesiano ubicados a siete unidades verticalmente. (respuesta correcta)
	PV	Ubica los puntos en el plano, pero no indica su distancia. El numero previo a las letras indica la distancia indicada.
5	3P	Tres puntos ubicados correctamente en el plano cartesiano a partir de unas coordenadas. (respuesta correcta)
	ME	Indica materiales y explica su uso en el desarrollo de una idea. (respuesta correcta)
A	MNE	Materiales no explicados
	BF	Realiza un boceto y explica su funcionamiento. (respuesta correcta)
B	BSE	Boceto sin explicar
	AS	Agrega soluciones al problema planteado con anterioridad. (respuesta correcta)
C	NAS	No agrega solución
	SE	Tiene presente la solución de un problema acorde a los ítems de ingeniería. (respuesta correcta)
D	NSE	No hay secuencia de ingeniería.
	AMF	Relaciona la matemática y la física en la solución de un problema. (respuesta correcta)
E	A	Ayuda la matemática y la física sin explicación alguna.
	AM	Solo explica como ayuda la matemática.
	NR	No responde.

Nota: Las preguntas abiertas corresponden a las identificadas con los números 3, 5 (de matemáticas) y con las letras a, b, c, d, e (de tecnología). Las otras preguntas son de selección múltiple A, B, C, D o numéricas (respuesta exacta).

5.3.1.2 Variable motivación

Se compone de 22 preguntas de selección múltiple con escala Likert suministradas digitalmente, que describen el componente motivacional subdividido en categorías (no se encuentran relacionadas directamente, aunque en conjunto determinan los componentes necesarios para describir la variable). Presentamos entonces las subcategorías: a) motivación de rendimiento: describe la importancia de obtener buenos resultados académicos centrados en la necesidad de aprobar por ejemplo una asignatura,

b) la motivación de logro: describe la percepción que posee un estudiante para realizar una tarea y atribuirle los buenos o malos resultados en la aprobación de sus competencias, c) la motivación por contenido: se describe como la memorización de contenidos y realización del menor esfuerzo para aprobar, d) motivación de aprendizaje: interés del estudiante por obtener nuevas habilidades y el mejoramiento de lo aprendido generando procesos autónomos y e) motivación por sentido y ocupación: considera la integración de conocimiento como eje de interés para el aprendizaje.

El estudio estadístico para esta variable se desarrolló mediante un análisis por factores para evidenciar las correlaciones existentes entre diferentes componentes antes y después del proceso investigativo en los dos grupos.

5.3.1.3 Variable trabajo colaborativo

Contiene 19 preguntas de selección múltiple en escala Likert suministrada digitalmente que describen la dimensión colaborativa en un espacio académico y se compone por cinco subcategorías. La primera, denominada heterogeneidad, expresa la diversidad de un grupo frente a sus habilidades individuales (motivación, nivel académico, intereses); La segunda, interdependencia positiva, describe la codependencia de los integrantes de un grupo para realizar una tarea; la tercera, interacción, propone el apoyo entre los integrantes de un grupo para desarrollar satisfactoriamente una tarea, se caracteriza por generar un espacio activo de aprendizaje; la cuarta, habilidades sociales, desarrolla preguntas enfocadas a la facilidad de toma de decisiones, proporcionar confianza y contribución entre pares para lograr el éxito en el cumplimiento de un

objetivo grupal; la quinta, actitud colaborativa, reúne las características de heterogeneidad, interdependencia positiva y habilidades sociales.

El estudio de esta variable se desarrolló mediante un análisis por factores para observar las correlaciones existentes entre los diferentes componentes durante la propuesta investigativa en los dos grupos.

5.4 Cuaderno de Ingeniería:

Para verificar la influencia del modelo STEM se entregó, en el grupo experimental, un cuaderno de ingeniería (ver apéndice E) que debía ser diligenciado durante el desarrollo de la propuesta STEM. Este instrumento contó con las indicaciones respectivas siguiendo el modelo de diseño para resolver problemas (Morgan et al., 2013).

Capítulo 6

Resultados

6.2.1. a. Resultados del Grupo Control en el pre-test

La tabla 8 describe las respuestas individuales del grupo control en el pre-test de conocimiento. En la primera fila se encuentra el número de la pregunta y en la segunda la respuesta correcta dependiendo si era de selección múltiple, respuesta numérica o las convenciones descritas en la tabla 7.

Tabla 8

Resultado en el pre-test, del grupo del control. La tabla discrimina las respuestas por área y pregunta y el resultado global para cada estudiante.

Pregunta n°	MATEMÁTICAS					FÍSICA					TECNOLOGÍA					Correctas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	b	c	d	e	
Opciones Correctas	D	A	7PV	D	3P	A	C	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	SE	AMF	
Nombre															Correctas	
E1C	A	B	PV	D	2P	A	A	0,83	1250m/s	194m/s	ME	BF	AS	NSE	AM	5
E2C	A	B	PV	D	3PM	A	A	0,3	1250m/s	194m/s	ME	BF	AS	NSE	AM	5
E3C	A	A	6PV	D	3P	A	C	0,3Km/H	NR	NR	MNE	BSE	AS	NSE	AM	6
E4C	C	A	NR	NR	3P	B	A	0,083Km/H	1250m	0,32m/s	NR	BSE	NAS	NSE	A	3
E5C	C	B	7P	D	3P	A	A	2,7m/s	NR	1,94	NR	NR	NR	NSE	A	3
E6C	C	A	7P	D	3P	B	C	NR	NR	NR	MNE	BF	NAS	NSE	AM	5
E7C	C	A	8P	D	3P	B	A	0,0013	0,08	7K	MNE	SE	m/s	NSE	NR	3
E8C	C	A	7P	D	3P	A	A	1,08m/s	1250	0,322	ME	BF	AS	NSE	AMF	8
E9C	D	A	7PV	D	3P	B	A	0,3	1250m/s ²	0,32m/s	MNE	BF	NAS	NSE	AM	6
E10C	D	A	NR	D	3P	D	C	30Km/h	1250m/s ²	6,6Km/h	ME	BF	NAS	NSE	AM	7
E11C	A	A	6	D	3PM	B	A	0,8m/s	NR	NR	MNE	BF	NAS	NSE	NR	3
E12C	D	A	0PV	D	3P	B	A	180Km/h	1250	0,32	MNE	NR	NR	NR	AM	4
E13C	D	A	7PV	D	3P	D	D	30Km/h	1250m/s ²	6,6Km/h	ME	BF	NAS	NSE	AM	7
E14C	A	A	7PV	D	3P	A	C	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	NSE	AM	12
E15C	NR	A	7PV	D	3P	D	C	180Km/h	1250m	1,94m/s	MNE	BF	NAS	NSE	AM	7
E16C	D	A	7PV	D	3P	B	A	18Km/h	1250	0,32m/s	NR	NR	NR	NR	NR	6
E17C	A	A	7PV	D	3P	A	B	2,777	NR	1,944	MNE	BF	NAS	NSE	AM	6
E18C	A	A	7PV	A	3P	B	A	0,083m/s	NR	1,16m/sh	ME	BF	AS	SE	AM	7
Correctas	5	15	7	16	15	7	5	2	3	1	7	12	6	1	1	
Frecuencias (%)	27,8	83,3	38,9	88,9	83,3	38,9	27,8	11,1	16,7	5,6	38,9	66,7	33,3	5,6	5,6	

Las respuestas se pueden leer por estudiante – siguiendo la dirección de las líneas horizontalmente -, o por pregunta – siguiendo la dirección de las columnas verticalmente- Por ejemplo si tomamos al estudiante E1C y comparamos sus respuestas con las del patrón de corrección de la fila 3, encontramos 5 respuestas correctas, totalizadas en la última celda de la fila del estudiante.

También podemos leer los datos verticalmente para observar el comportamiento por pregunta. Por ejemplo, si tomamos la columna 1 de las respuestas de matemáticas, podemos contar cuantos estudiantes dieron la respuesta D. Ese número es el penúltimo dato de esa columna y en el último corresponde al porcentaje de estudiantes que responden correctamente.

6.2.1. b. Resultados del Grupo Control en el post-test

Al culminar el proceso de intervención se realizó la misma prueba del pre-test (ahora denominada post-test) en el grupo control realizando el mismo procedimiento de recolección de datos (tabla 9).

Se interpretan ahora los cambios de respuestas afirmativas del grupo control, por ejemplo, el E1C aumento en dos respuestas correctas (ganancia) y la pregunta 3 pasó de obtener un nivel de aciertos del 38,9% a 88,9%. En este punto la información se puede analizar horizontalmente por estudiante y verticalmente por pregunta agregando que se pueden observar las diferencias en el comportamiento de respuestas del grupo control antes y después del proceso investigativo.

Tabla 9

Respuestas del post-test aplicado al grupo control al finalizar el proceso de investigación contrastadas con el pre-test. Resultados globales por estudiantes y por pregunta.

Pregunta nº	MATEMÁTICAS					FÍSICA					TECNOLOGÍA					Correctas Post-test	Correctas Pre-test	Ganancia
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	a	b	c	d	e			
Opciones Correctas	D	A	7PV	D	3P	A	C	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	SE	AMF			
Nombre																		
E1C	C	A	4PV	D	2P	A	C	18Km/h	1250m	19,44m/s	MSE	BSF	NAS	NSE	AM	7	5	2
E2C	A	A	7PV	D	3P	B	A	1200	1250m	85m/s	MSE	BF	AS	NSE	AF	7	5	2
E3C	A	A	7PV	D	3P	A	A	0,83Km/h	1250m/s	1,16m/s	MSE	BSF	NAS	SE	AMF	8	6	2
E4C	A	A	7PV	D	3P	A	A	0,3Km/h	1250	0,32m/s	ME	BSF	NR	SE	AMF	8	3	5
E5C	C	A	7PV	D	3P	A	A	0,3Km/h	1250	1,94m/s	ME	BF	NAS	NSE	AMF	8	3	5
E6C	A	B	7PV	D	2P	A	A	0,3Km/h	0,08m/s	NR	MSE	BF	NAS	NSE	AF	4	5	-1
E7C	C	A	7PV	D	3P	B	A	0,3Km/h	0,08m/s	36m/s	ME	BSF	NAS	NSE	AF	5	3	2
E8C	A	A	7PV	D	3PV	NR	A	0,083	1250m/s	NR	ME	BF	NAS	SE	AMF	7	8	-1
E9C	C	A	7PV	D	7PV	A	A	18Km/h	1250m/s2	0,07m/s	ME	BF	NAS	NSE	AMF	9	6	3
E10C	C	A	7PV	D	7PV	A	A	30Km/h	0,08	1,19m/s	ME	BF	AS	NR	AMF	8	7	1
E11C	A	B	7PV	D	7PV	A	A	0,08	1250m/s	NR	NR	NR	NR	NR	NR	4	3	1
E12C	D	A	1PV	D	1PV	A	A	0,08	NR	NR	ME	BSF	NAS	NSE	AF	6	4	2
E13C	A	A	7PV	D	7PV	A	A	0,3Km/h	0,08m/s2	0,32m/s	MSE	BSF	NAS	NSE	AM	5	7	-2
E14C	A	A	7PV	D	7PV	A	C	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	NSE	AMF	13	12	1
E15C	C	A	7PV	D	7PV	A	A	18Km/h	1250m	19,44m/s	MSE	BSE	AS	NSE	AMF	10	7	3
E16C	NR	A	7PV	D	7PV	A	A	NR	NR	NR	MSE	BF	NAS	NSE	AMF	7	6	1
E17C	A	A	7PV	D	7PV	A	C	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	NR	NR	AM	11	6	5
E18C	D	A	7PV	D	7PV	B	A	0,083m/s	1250m	0,324m/s	ME	BF	AS	SE	AMF	11	7	4
Correctas Post-test	3	16	16	18	14	14	3	5	6	4	10	10	5	4	10	138		
Frecuencias (%)	16,7	88,9	88,9	100,0	77,8	77,8	16,7	27,8	33,3	22,2	55,6	55,6	27,8	22,2	55,6	51,1		
Correctas Pre-test	5	15	7	16	15	7	5	2	3	1	7	12	6	1	1		103	
Frecuencias (%)	27,8	83,3	38,9	88,9	83,3	38,9	27,8	11,1	16,7	5,6	38,9	66,7	33,3	5,6	5,6		38,1	
Ganancia	-2	1	9	2	-1	7	-2	3	3	3	3	-2	-1	3	9			35
Frecuencias (%)	-11,1	5,6	50,0	11,1	-5,6	38,9	-11,1	16,7	16,7	16,7	16,7	-11,1	-5,6	16,7	50,0			13

6.2.1. c. Resultados del Grupo Experimental en el pre-test

Paralelamente a la aplicación del pre-test al grupo control, se hizo también la aplicación del mismo test al grupo experimental. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10. El esquema de organización de los datos es el mismo de las tablas anteriores para facilitar el análisis y las comparaciones posibles.

Tabla 10

Respuestas del pre-test grupo experimental. Resultados discriminados por áreas, estudiantes y preguntas.

Pregunta n°	MATEMÁTICAS					FÍSICA					TECNOLOGÍA					Correctas
	1	2	3	4	5	6	7	8*	9	10	a	b	c	d	E	
Opciones Correctas	D	A	7PV	D	3P	A	C	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	SE	AMF	
Nombre																Correctas
E1E	C	A	7PV	D	3P	D	C	0,3Km/h	0,08m/s	1,94m/s	NR	NR	NR	NR	NR	5
E2E	NR	A	7PV	D	3P	A	C	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	6
E3E	C	A	7PV	D	3P	B	A	0,08m/s	1250m/s ²	0,32m/s	NR	NR	NR	NR	NR	4
E4E	C	A	7PV	D	3P	B	A	0,083m/s	1250m	0,32m/s	ME	BF	AS	NSE	AM	8
E5E	D	A	7PV	D	3P	B	C	0,833m/s	NR	NR	MNE	BF	NR	NR	NR	7
E6E	D	A	7PV	D	3P	B	A	5m/s	NR	NR	MNE	BF	NAS	NSE	AM	6
E7E	D	A	7PV	D	3P	B	A	0,833m/s	1250m	0,30m/s	SE	BSE	NAS	NR	AM	6
E8E	NR	A	7PV	D	2P	B	C	3600	1250m/s	NR	SE	NR	NR	NR	NR	4
E9E	A	A	7PV	D	2P	D	B	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	3
E10E	C	A	7PV	D	3P	A	B	5m/s	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	5
E11E	A	A	7PV	D	2P	A	A	0,08Km	1250m/s	0,32m/s	NR	NR	NR	NR	NR	4
E12E	B	A	1PV	D	2P	B	A	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	2
E13E	D	A	7	D	3P	B	A	0,833m/s	1250m	0,30m/s	SE	BF	NR	NR	NR	6
E14E	A	A	7PV	D	3P	D	B	0,3Km	NR	NR	MNE	BF	NAS	NSE	AM	5
E15E	A	A	7PV	D	3P	D	B	0,3Km/h	NR	NR	MNE	BF	NAS	NSE	AM	5
E16E	A	A	7PV	D	3P	C	C	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	5
E17E	A	A	6PV	D	3P	A	A	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	4
E18E	NR	A	7PV	D	3P	B	B	0,3Km	0,08	NR	NR	NR	NR	NR	NR	4
E19B	D	A	7PV	D	3P	B	A	0,083m/s	1250m	0,30m/s	MNE	BSE	NAS	NSE	NR	6
E20B	NR	A	7PV	D	3P	B	NR	0,833m/s	1250m/s ²	0,32m/s	ME	BF	AS	NR	AM	7
E21B	C	A	7PV	D	3P	D	B	5m/s	NR	NR	NE	NR	NR	NR	NR	4
Correctas	5	21	18	21	17	4	5	0	4	0	2	7	2	0	0	
Frecuencias (%)	23,8	100	85,7	100	81,0	19,0	23,8	0,0	19,0	0,0	9,5	33,3	9,5	0,0	0,0	

6.2.1. d. Resultados del Grupo Experimental en el post-test

Luego de aplicar el enfoque STEM, el grupo experimental respondió la prueba post-test. La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 11

Resultados del post-test aplicado en el grupo experimental luego de aplicar el enfoque STEM en robótica. Respuestas globales por estudiante y por pregunta.

Pregunta n°	MATEMÁTICAS					FÍSICA					TECNOLOGÍA					Correctas Post-test	Correctas Pre-test	Ganancia
	1	2	3	4	5	6	7	8*	9	10	a	b	c	d	E			
Opciones Correctas	D	A	7PV	D	3P	A	C	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	SE	AMF			
Nombre																		
E1E	A	A	7PV	D	3P	A	A	18,75	0,08m	1,94m/s	ME	BF	AS	NE	AMF	9	5	4
E2E	D	A	7PV	D	3P	A	C	18,75km/h	1250m	19,44m/s	NR	NR	NR	NR	NR	10	6	4
E3E	D	A	7PV	D	3P	A	A	0,083m/s	1250m	1,16km/h	ME	BF	AS	NE	AMF	11	4	7
E4E	D	A	7PV	D	2P	A	A	0,3km/h	1250m	0,32m/s	ME	BF	NAS	NE	AM	8	8	0
E5E	D	A	7PV	D	2P	B	C	18Km/h	1250m	7000m	ME	BF	NR	NR	NR	9	7	2
E6E	D	A	7PV	D	3P	A	A	18Km/h	1250m	NR	ME	BF	AS	NE	A	11	6	5
E7E	C	A	7PV	D	2P	A	A	18Km/h	1250m	1,16	ME	BF	NAS	NE	AMF	9	6	3
E8E	D	A	7	D	3P	A	A	3Km/h	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	5	4	1
E9E	D	A	7PV	D	3P	A	C	18,75	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	7	3	4
E10E	D	A	7PV	D	2P	A	C	18,75	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	6	5	1
E11E	D	A	7PV	D	3P	A	A	18Km/h	1250m	7000m	M	BSE	AS	NE	NR	9	4	5
E12E	D	A	9	D	NR	B	A	18h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	SE	NR	9	2	7
E13E	D	A	7PV	D	2P	A	A	0,083m/s	1250m	1,16km/h	ME	BF	NAS	SE	A	9	6	3
E14E	A	A	7PV	D	2P	D	C	18,75km/h	0,08m	1,94m/s	ME	BF	AS	NE	A	8	5	3
E15E	A	A	7PV	D	3P	D	C	18,75km/h	0,08m	1,94m/s	ME	BF	AS	NE	AMF	10	5	5
E16E	C	A	7PV	C	2P	C	A	18,75	0,08m	1,94m/s	NR	NR	NR	NR	NR	2	5	-3
E17E	C	A	7PV	D	2P	A	A	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	SE	AMF	12	4	8
E18E	A	A	7PV	D	3P	D	A	18,75km/h	0,08m	1,94m/s	ME	BF	AS	NE	A	8	4	4
E19B	D	A	7PV	D	3P	A	C	0,83m/s	1250m	7000n	ME	BF	AS	NE	AM	11	6	5
E20B	D	A	7PV	D	3P	A	A	18Km/h	1250m	19,44m/s	ME	BF	AS	NE	AMF	13	7	6
E21B	D	A	7PV	D	3P	A	C	18,75	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	7	4	3
Correctas	14	21	19	20	12	15	8	10	12	4	14	14	11	3	6	183		
Frecuencias (%)	66,7	100	90,5	95,2	57,1	71,4	38,1	47,6	57,1	19,0	66,7	66,7	52,4	14,3	28,6	58,1		
Correctas Pre-test	5	21	18	21	17	4	5	0	4	0	2	7	2	0	0		106	
Frecuencias (%)	23,8	100	85,7	100	81,0	19,0	23,8	0,0	19,0	0,0	9,5	33,3	9,5	0,0	0,0		33,7	
Ganancia	9	0	1	-1	-5	11	3	10	8	4	12	7	9	3	6			77
Frecuencias (%)	42,9	0,0	4,8	-4,8	-23,8	52,4	14,3	47,6	38,1	19,0	57,1	33,3	42,9	14,3	28,6			24,4

6.3 Análisis intragrupo de resultados de aprendizaje en los grupos control y experimental

El objetivo de este análisis es comparar los resultados en el pre-test con los resultados en el post-test de cada uno de los grupos – control y experimental -, y responder así a la pregunta ¿hay diferencia entre los resultados en el pre-test comparado con los resultados en el post-test del mismo grupo?

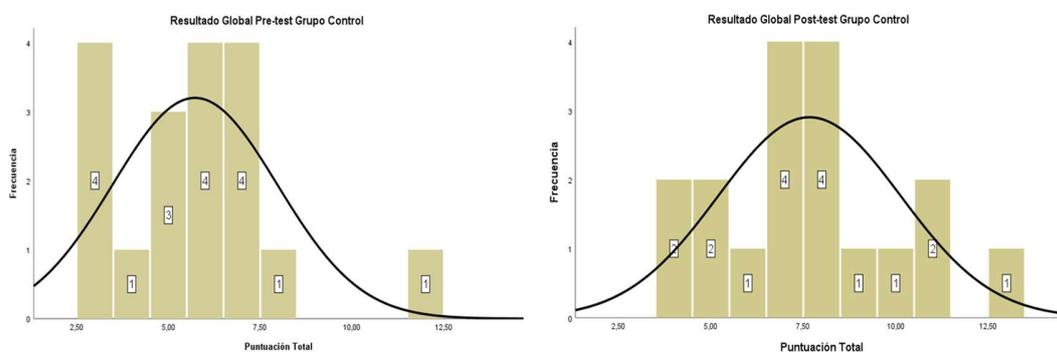
Los datos se analizan utilizando la prueba t-student para grupos relacionados.

6.3.1 Comparación de resultados en el pre-test con los resultados en el post-test obtenidos por el grupo control

Las hipótesis que se someten a validación:

- Ho: la media de los resultados en el pre-test es igual a la media de los resultados en el post-test.
- Hi: la media de los resultados en el post-test es mayor que la media de los resultados en el pre-test.

Si se confirma la hipótesis nula, la unidad de formación en la cual participó el grupo control no tendría efecto en el aprendizaje; caso contrario, si se confirma la hipótesis



Gráfica 1. A la izquierda la curva de distribución normalizada de los resultados obtenidos en el pre-test por el grupo control y a la derecha, la curva de distribución normalizada de los resultados obtenidos en el post-test por el mismo grupo.

alterna. La validación se hace mediante la prueba *t-student* para una muestra relacionada: los sujetos son los mismos y se someten dos veces a la misma prueba, antes y después del tratamiento consistente en el curso convencional de formación.

La gráfica 1 muestra, a la izquierda, la curva de distribución normalizada de los resultados del pre-test presentados en la tabla 8 y, a la derecha, la de los resultados del post-test presentados en la Tabla 9. De esta manera se puede tener una visión de conjunto de las diferencias. La grafica 1 se complementa con la tabla 12 que muestra los parámetros de la prueba t-student.

El análisis por frecuencias del pre-test muestra una media de 5,7 valor alrededor del cual se agrupan la mayoría de los puntajes. El 94% de los estudiantes obtienen un resultado máximo de 8 puntos de 15 posibles en el pre-test. Un estudiante logró 12 puntos, situación que evidencia un grado de dificultad relativamente alto del cuestionario (tabla 8).

Paralelamente la media del post-test es de 7,6 y alrededor de este valor se encuentran las frecuencias más altas. Un estudiante logra 13 puntos de los 15 posibles y 3 tienen 11 puntos o más.

El aumento de 1,944 en el valor de la media es un indicador de la magnitud de la ganancia en aprendizaje del grupo, aunque la dispersión es 0,23 mayor, lo que indica mayor dispersión de los puntajes.

La prueba *t de Student* muestra que la media del grupo en el post-test es significativamente superior a la media del pre-test con un valor $p=0.001 < 0.05$.

Como conclusión de este análisis se rechaza la hipótesis nula y se puede sustentar estadísticamente que los estudiantes del grupo control mejoraron significativamente su aprendizaje, una vez terminado el entrenamiento con el método tradicional.

Tabla 12

Relación entre resultados en el pre-test y el post-test del grupo control

	Media	N	Desv. Desviación	Error Std Diferencia medias	p-valor*
Pre-test	5,722	18	2,244	0,528	0,001
Post-Test	7,666	18	2,473	0,582	

*Basado en la prueba T-Student para una muestra relacionada con un 95% de intervalo de confianza

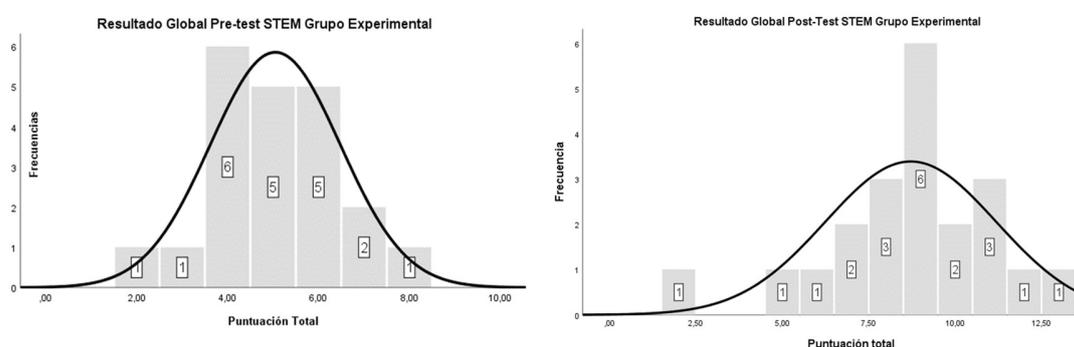
6.3.2. Comparación de resultados en el pre-test con los resultados en el post-test obtenidos por el grupo experimental

De manera similar al numeral 6.2.1, en este acápite se validan las siguientes hipótesis:

- Ho: la media de los resultados en el pre-test es igual a la media de los resultados en el post-test.
- Hi: la media de los resultados en el post-test es mayor que la media de los resultados en el pre-test.

El procedimiento estadístico es el mismo. Si se valida la hipótesis nula, significaría que el procedimiento de formación de los estudiantes con el procedimiento STEM diseñado no tendría efecto y caso contrario si se valida la hipótesis alterna.

La Gráfica 2 muestra, a la izquierda, la curva de distribución normalizada de los resultados del pre-test presentados en la tabla 10 y, a la derecha, la de los resultados del post-test presentados en la tabla 12. De esta manera se puede tener una visión de conjunto de las diferencias. La Gráfica 2 se complementa con la tabla 13 que muestra los parámetros de la prueba t-student.



Gráfica 2. A la izquierda la curva de distribución normalizada de los resultados obtenidos en el pre-test por el grupo experimental y, a la derecha, la curva de distribución normalizada de los puntajes obtenidos en el post-test por el mismo grupo.

El análisis por frecuencias del pre-test muestra una media de 5,07, valor alrededor del cual se agrupan la mayoría de los puntajes. El 85% de los estudiantes obtienen un resultado máximo de 6 puntos de 15 posibles en el pre-test (gráfica 2, izquierda). Un estudiante logró 8 puntos, situación que evidencia un grado de dificultad alto del cuestionario para este grupo (tabla 11).

Paralelamente la media del post-test es de 8,7, y alrededor de este valor se encuentran las frecuencias más altas. Un estudiante logra 13 puntos de los 15 posibles y 3 tienen 11 puntos o más (gráfica 2, derecha).

El aumento de 3,667 en el valor de la media es un indicador de la magnitud de la ganancia en aprendizaje del grupo, aunque la dispersión es 1,042 mayor que la del pre-test, lo que indica mayor dispersión de los puntajes (tabla 13).

Tabla 13

Relación entre los puntajes en el pre-test y en el post-test obtenidos por el grupo experimental

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error Promedio	p-valor*
Pre-test	5,047	21	1,430	0,312	0,000
Post-Test	8,714	21	2,472	0,539	

*Basado en la prueba T-Student para muestras relacionadas con un 95% de intervalo de confianza

La prueba *t de Student* muestra que la media del grupo en el post-test es significativamente superior a la media del pre-test con un valor $p=0.000 < 0.05$, (Tabla 14).

Como conclusión de este análisis se rechaza la hipótesis nula y se puede sustentar estadísticamente que los estudiantes del grupo experimental mejoraron significativamente su aprendizaje, una vez terminado el entrenamiento con el método STEM.

6.4 Análisis descriptivo por asignaturas en el pre-test y post-test del grupo control y experimental

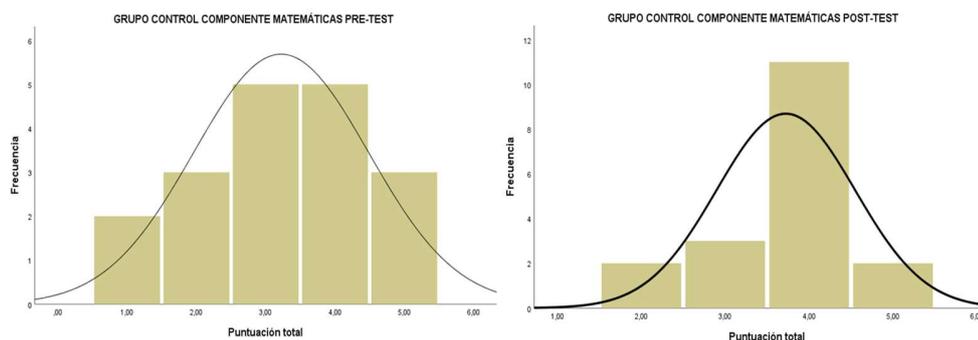
El numeral 6.3 desarrolla un análisis global de los resultados en la prueba de conocimiento en el pre-test y en el pos-test. En este apartado nos interesa desagregar los resultados por componentes STEM, a saber, matemática, física y tecnología. Para ambos grupos se muestra la información correspondiente al antes y al después del proceso de entrenamiento respectivo.

6.4.1 Análisis de resultados por asignatura grupo control

Para determinar el comportamiento de los estudiantes por asignaturas se presenta a continuación la comparación de los puntajes obtenidos, desagregados por área de conocimiento, en el pre-test con los post-test del grupo control que tuvo un entrenamiento en el formato tradicional de formación con clases independientes por asignatura.

6.4.1.1 Componente de matemáticas grupo control

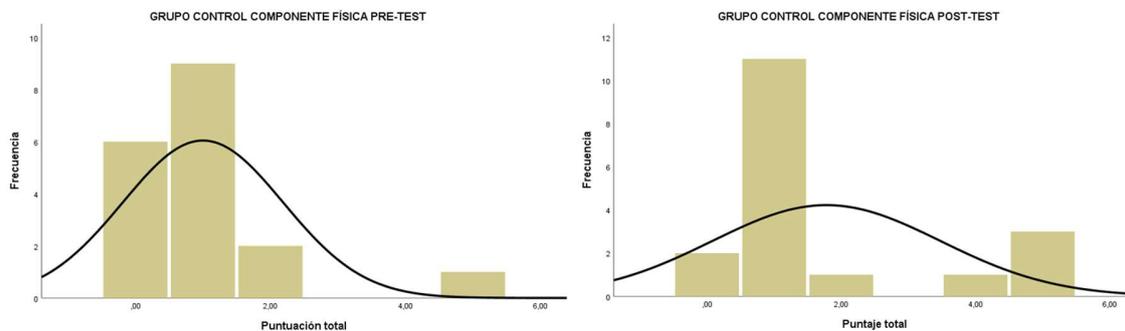
En la prueba inicial el 55% del grupo logró tres puntos. En el resultado final un 88% obtuvo una puntuación de cuatro con un promedio inicial (pre-test) de 11,6 y final (post-test) de 13,4 (Gráfica 3).



Gráfica 3. Resultado del componente de matemáticas del grupo control en el pre-test y post-test.

6.4.1.2 Componente de física grupo control

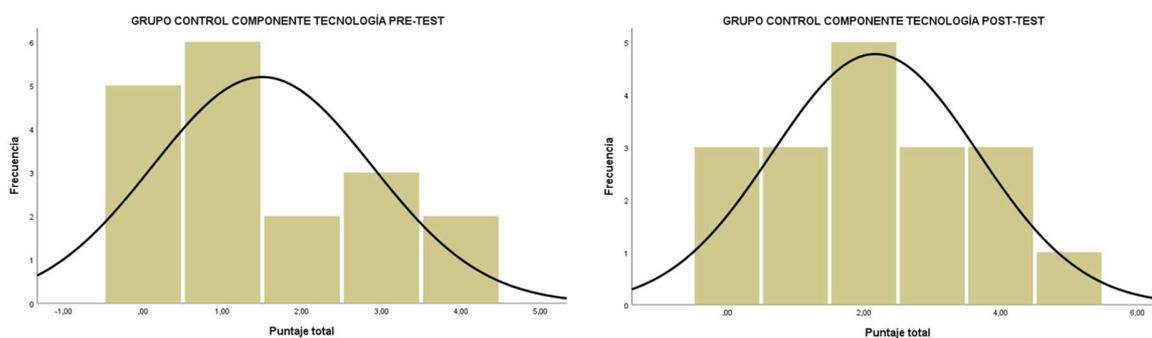
Existe un aumento en las respuestas correctas, aunque la media de resultados de las dos experiencias no supera el 1,78 (Gráfica 4) lo que supone un grado de dificultad de la temática trabajada. Específicamente en el concepto de movimiento rectilíneo uniforme y la interpretación gráfica de este.



Gráfica 4. Componente de física del grupo control

6.4.1.3 Componente de tecnología grupo control

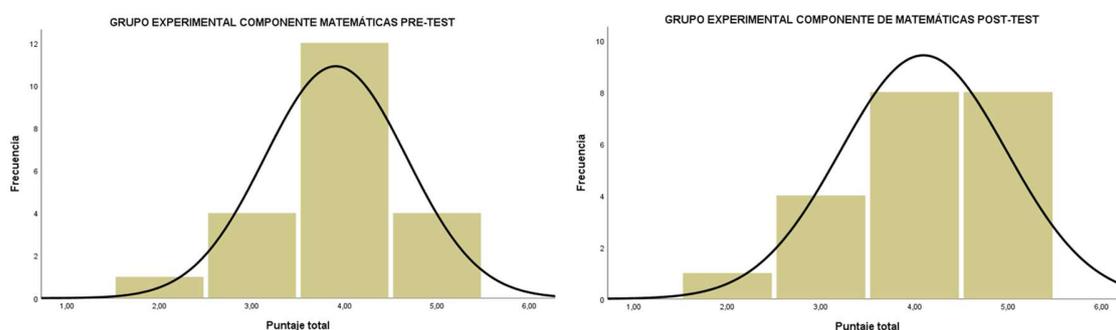
La distribución de respuestas aumento de un 30% inicial de estudiantes que superó tres 5 puntos a un 90% que alcanzó cuatro puntos de cinco. La media de las respuestas está pasa de 1,50 a 2,17 después de la experiencia. Este componente tiene implícitos conceptos de ingeniería para la solución de problemas (Gráfica 5).



Gráfica 5. Componente de tecnología grupo control. La instrucción de ingeniería está implícita en esta asignatura

6.4.2.1 Componente de matemáticas grupo experimental

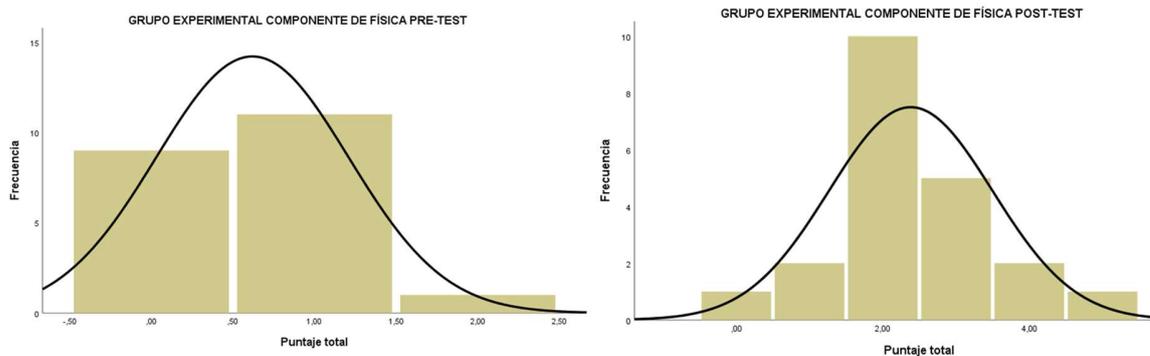
Aunque la tendencia de las respuestas se mantiene a 4 puntos existe una mejoría del 19% en aciertos de los estudiantes respecto a los resultados iniciales (Gráfica 6) superando la dificultad inicial de la ubicación a una distancia específica en el plano cartesiano.



Gráfica 6. Componente de matemáticas del grupo experimental

6.4.2.2 Componente de física grupo experimental

Los resultados evidencian una falencia conceptual de la temática abordada con los estudiantes. Inicialmente el 100% población en la prueba no superó los 2 puntos de 5 propuestos. Se encuentra una dificultad en el análisis gráfico de una ecuación en los resultados generales, representada en el numeral 8 del pre-test y post-test (apéndice A) donde el concepto distancia vs tiempo y velocidad vs tiempo no se representaron adecuadamente. En el resultado final el 85% de los estudiantes acertaron un máximo de 3 preguntas y como se observa en la gráfica 7 una distribución normal más uniforme.

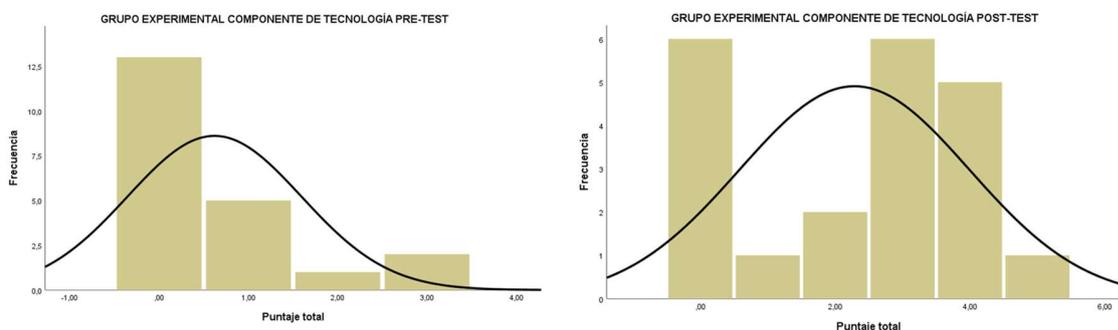


Gráfica 7. Componente de física del grupo experimental

6.4.2.3 Componente de tecnología grupo experimental

A diferencia del grupo control que debían comprender los conceptos de ingeniería teóricamente, los estudiantes del grupo experimental elaboraron un documento llamado cuaderno de ingeniería que representa todo el ciclo expuesto por (Morgan et al., 2013) evidenciando una mejoría en representación y solución de problemas. Inicialmente el 61% no contestó ninguna de las preguntas, factor que se redujo al 28,6%. Además se aumentó a un 52,4% de estudiantes que respondieron correctamente entre 3 y 4 preguntas de las cinco propuestas (Gráfica 8).

En este componente es donde se evidencian los efectos de la propuesta STEM que incluye procesos de ingeniería y robótica como ejes integradores del conocimiento.



Gráfica 8. Componente de tecnología del grupo experimental

6.5 Comparación del grupo control con el grupo experimental en los resultados del pre-test y el post-test

Con este apartado pretendemos responder dos preguntas: 1. ¿Los dos grupos seleccionados como grupo control y grupo experimental son equivalentes en la variable conocimiento medida con el pre-test, al iniciar los procesos de formación? 2. ¿Al terminar la intervención los dos grupos son iguales en conocimiento medido mediante el post-test?

La respuesta a la primera pregunta es importante para determinar el sesgo atribuible a la selección de las muestras pues, por razón de las condiciones institucionales, es de grupos dados.

La respuesta a la segunda pregunta valora la magnitud de la diferencia en el estado final de conocimiento de los dos grupos, dado que cada uno tuvo un procedimiento de formación diferente en los mismos componentes de conocimiento.

En la tabla 14 se relaciona el consolidado de los dos grupos con el promedio total del pre-test y post-test.

Tabla 14

Resultados globales del pre-test y post-test de conocimiento del grupo control y experimental

Comparación de medias Grupo control y Experimental					
	Grupo	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error de las medias
Pre-Test Conocimiento	Control	18	5,7222	2,24409	,52894
	Experimental	21	5,0476	1,43095	,31226
Post-Test Conocimiento	Control	18	7,6667	2,47339	,58298
	Experimental	21	8,7143	2,47271	,53959

6.5.1. Igualdad de grupos en el pre-test

En los resultados del pre-test del grupo control (GC), se observa una media superior respecto al grupo experimental (GE) en 0,6746 con mayor dispersión de los datos mostrada por la desviación estándar (Tabla 15).

Los resultados de esta prueba (Tabla 15) para el pre-test del grupo control y experimental respecto al supuesto de homogeneidad de varianzas de la prueba de Levene indica que se cumple en estas poblaciones con un valor $F=1,965$ y un nivel de significancia (p -valor) $> 0,05$ lo cual da soporte para asumir varianzas iguales de los datos de los dos grupos. El valor del estadístico $t=1,136$ y su p -valor $> 0,263$ no da soporte para rechazar la hipótesis nula y da soporte para aceptar que las medias son estadísticamente iguales, y que entre el grupo control y experimental no hay diferencias estadísticamente significativas en los puntajes del pre-test. La población N se mantuvo desde el inicio del pre-test con mortalidad estadística igual a 0 que indica que terminaron los mismos individuos de los dos grupos al finalizar el proceso investigativo.

Tabla 15

Comparación de medias entre el grupo control (GC) y experimental (GE) en el pre-test y post-test de conocimiento mediante la prueba t-student

Prueba de muestras independientes												
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia			
											Inferior	Superior
Pre-Test	Se asumen											
	varianzas iguales	1,965	,169	1,136	37	,263	,67460	,59407	-,5291	1,87831		
Conocimiento GC-GE	No se											
	asumen varianzas iguales			1,098	28,021	,281	,67460	,61423	-,5835	1,93276		
Post-Test	Se asumen											
	varianzas iguales	,043	,837	-1,319	37	,195	-1,04762	,79435	-2,6571	,56190		
Conocimiento GC-GE	No se											
	asumen varianzas iguales			-1,319	36,090	,196	-1,04762	,79437	-2,6585	,56330		

6.5.2. Igualdad de grupos en el post-test

Luego de implementar el enfoque STEM en el grupo experimental y el proceso de formación convencional en el grupo control, se aplicó el post-test a los dos grupos. El objetivo en esta parte del análisis es determinar si existe estadísticamente diferencia significativa entre los dos grupos en los resultados de esta prueba.

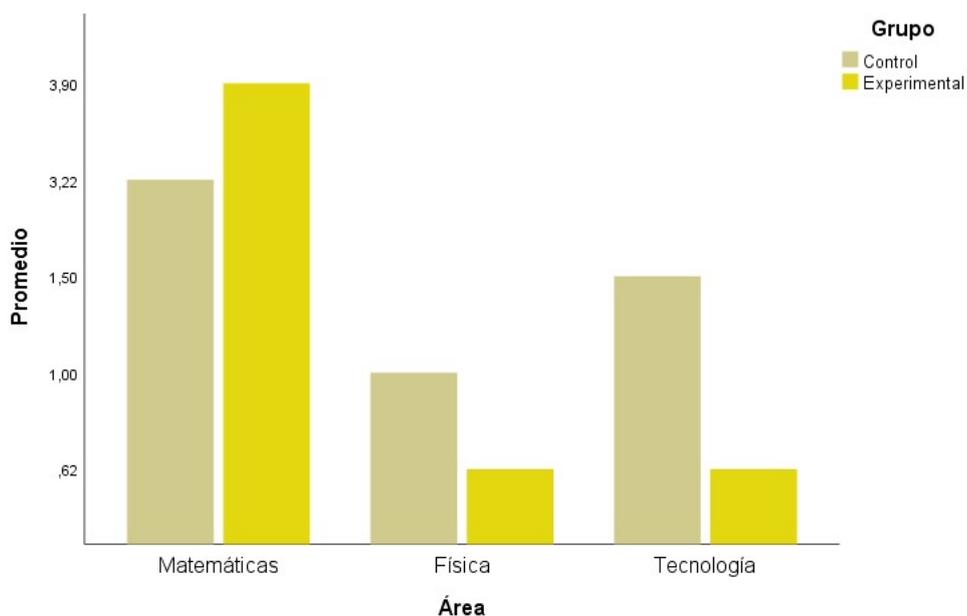
En la tabla 15, se observa que la media del post-test es superior en el grupo experimental a la del grupo control, en contraste con el pre-test en el cual el grupo control tuvo media superior. A primera vista, el mejoramiento en el grupo experimental es mayor que el del grupo control. Las desviaciones son similares, lo cual indica un nivel de concentración de los resultados similar.

Para saber si estas diferencias son significativas se hace el mismo análisis que para la comparación de los dos grupos con el pre-test. Los resultados se muestran en la Tabla 15. La tercera fila de la tabla muestra los resultados de la prueba de Levene con $F=0,43$ y un p -valor $> 0,05$, datos que nos sugiere varianzas iguales para los dos grupos. La aplicación de la prueba t de Student, por su parte, con un estadístico $t = -1,319$ muestra una relación inversa a la que se observó en el pre-test, pues ahora es el grupo experimental el de mayor media, y un $p > 0,05$, que no permite rechazar la hipótesis nula. En consecuencia se muestra que estadísticamente las medias de los dos grupos son iguales.

6.6 Comparación de resultados por asignatura iniciales y finales del grupo control y experimental

La Gráfica 9 muestra las medias de los dos grupos en los tres componentes de conocimiento del pre-test. El área de mejor promedio es matemáticas en los dos grupos. El grupo experimental supera al grupo control en matemáticas. Los promedios en las áreas de física y tecnología son inferiores a 1,50 puntos en los dos grupos.

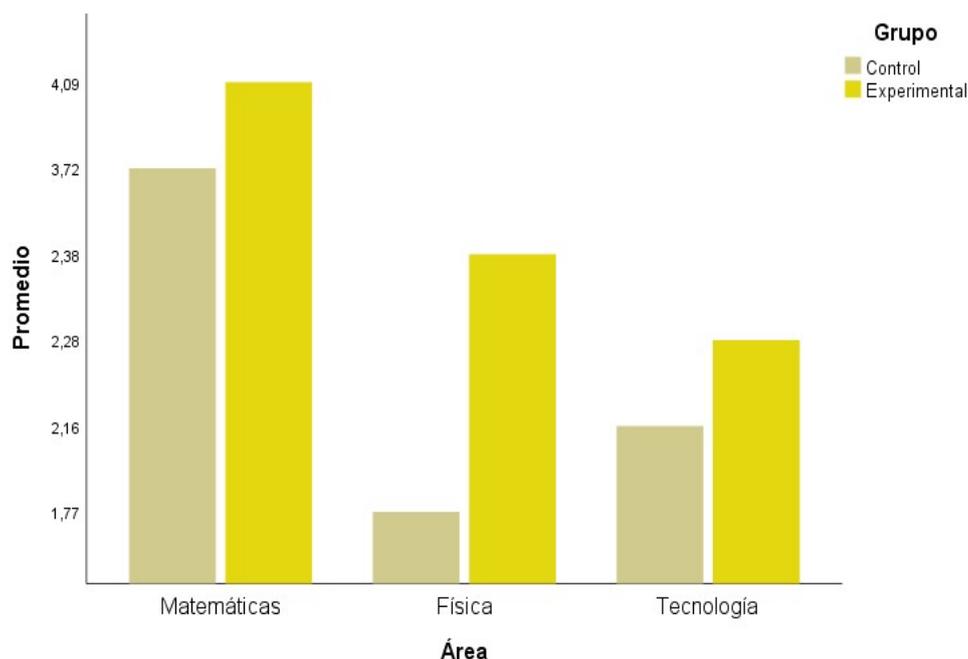
RESULTADOS DEL PRE-TEST COMPARATIVOS DEL GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL EN LAS ÁREAS DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y TECNOLOGÍA



Gráfica 9. Relación del grupo control y experimental en la aplicación del pre-test en áreas STEM

En el grupo experimental se implementó la propuesta STEM en robótica con un desafío que involucraba los contenidos de la tabla 3, trabajo que en su ejecución fue más práctico y con participación activa de los estudiantes; con el grupo control se mantuvieron las clases magistrales desarrollando los mismos contenidos del grupo experimental, los resultados de esta experiencia se muestran en la gráfica 10 donde evidentemente hay un aumento en el promedio de aciertos en el post-test para el grupo donde se aplicó el enfoque STEM, el cual supera al grupo control en las tres áreas de conocimiento. Si bien las tres áreas mejoran, matemáticas sigue siendo la de medias más altas.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL POST-TEST DEL GRUPO CONTROL METODOLOGÍA TRADICIONAL Y GRUPO EXPERIMENTAL MODELO STEM



Gráfica 10. Resultados post-test conocimiento luego de aplicar STEM en el grupo experimental y la metodología tradicional en el grupo control

6.7 Ganancias comparativas entre el grupo control y experimental

La comparación de medias de los dos grupos en el post-test nos muestra que no hay diferencias significativas entre las medias de los grupos. Sin embargo, los análisis comparativos por asignaturas nos muestran cambios positivos y mayores en el grupo experimental en comparación con el control. Por esta razón nos hacemos la pregunta ¿en cuál de los dos grupos fue mayor el aprendizaje entendido como mejoramiento en los puntajes del pre-test al pos-test? En otras palabras ¿hay diferencia entre las medias de ganancia del grupo control comparado con el grupo experimental?

En la última columna, titulada “Ganancia”, de las tablas 10 y 12 presentaremos la diferencia en puntaje al restar del resultado del post-test, el resultado del pre-test.

Para contrastar esta diferencia de medias de las ganancias se aplica la prueba t de Student cuyos resultados se muestran en la Tabla 16. La media del grupo experimental es visualmente muy superior (1,63 puntos) a la del grupo control, aunque la desviación estándar muestra mayor dispersión de los datos.

La probabilidad de error al rechazar la hipótesis nula o de igualdad de las medias ($p < 0,001$) es muy pequeño. Esto significa que estadísticamente existe una diferencia significativa entre las medias, la cual es atribuible al efecto diferencial de la variable dependiente que este caso es el modelo STEM. Estos datos dan apoyo para afirmar una tendencia de mejoramiento y formular la hipótesis de que si se extendiera la experiencia con mayor número de unidades de formación (en esta ocasión se aplicó una sola) y una muestra mayor, los resultados positivos del sistema STEM, serían más evidentes.

Tabla 16

Prueba T-Student comparando los resultados de las ganancias en el grupo control y experimental

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error Promedio	p-valor*
Ganancia Grupo Control	1,94	18	2,043	0,482	0,001
Ganancia Grupo Experimental	3,57	21	2,580	0,563	

*Basado en la prueba T-Student para muestras relacionadas con un 95% de intervalo de confianza

6.8. Interdependencia del aprendizaje en las áreas de conocimiento del procedimiento STEM

Una crítica al sistema tradicional es la falta de relación entre las experiencias de aprendizaje en las diferentes áreas de conocimiento. El sistema STEM es una propuesta integradora de conocimiento y se espera que los avances en cada asignatura apoyen los avances de las otras. Estadísticamente esta interdependencia se puede medir mediante un sistema de correlaciones entre los resultados en la evaluación.

Este apartado del análisis de resultados tiene como objetivo comparar las correlaciones entre los puntajes de las áreas de conocimiento en el pre-test y el pos-test de los dos grupos.

La tabla 17 muestra la matriz de correlaciones de Pearson para el grupo control, entre las áreas, en el pre-test y en el post-test. Ninguno de los valores de la correlación es significativa con un *valor* $p < 0.05$. La correlación entre matemáticas y física es bajo, en contravía a lo que podría pensarse. La correlación entre tecnología y matemáticas parece fortalecerse como resultado de la formación, pero no así la relación entre tecnología y física. En una visión de conjunto, este análisis estadístico muestra independencia en el desarrollo de los aprendizajes de las tres áreas de conocimiento.

Tabla 17

Grupo control. Correlaciones entre resultados de las áreas de conocimiento en el pre-test y en el post-test. Ninguna de estas correlaciones es significativa con $p < 0,05$.

	Matemáticas		Física	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Física	0,039	-130		
Tecnología	-0,202	0,370	0,215	-0,054

La Tabla 18 muestra la matriz de correlaciones de Pearson entre las tres áreas de conocimiento, para el grupo experimental. Tampoco en esta tabla los valores son significativos con *un valor* $p < 0.05$. Se observa que las correlaciones son mayores en el post-test que en el pre-test.

Se destaca la tendencia al fortalecimiento de la relación entre física y matemáticas cuyo valor está cercano al nivel de significación (*p-valor* de 0.062). La correlación entre tecnología y física también evoluciona positivamente al pasar de -0.265 a 0,202. El valor negativo de la correlación entre matemáticas y tecnología que pasa de -0.051 a -0,151, mostraría que a quienes les va mejor en tecnología, les va peor en matemáticas.

Basados en los resultados del análisis de correlación y el análisis de ganancia en aprendizaje podría sustentarse la hipótesis de que la integración de aprendizajes con mayor cantidad de experiencia STEM y muestras de estudiantes más grande puede incidir en el fortalecimiento de sistemas de aprendizaje en el cual los componentes de cada área apoyen el aprendizaje de las otras áreas.

Tabla 18

Grupo experimental. Correlaciones entre resultados de las áreas de conocimiento en el pre-test y en el post-test. Ninguna de estas correlaciones es significativa con $p < 0,05$.

	Matemáticas		Física	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Física	0,131	0,415		
Tecnología	-0,051	-0,151	-0,265	0,202

6.9. Resultados del pre-test Motivación

Para el análisis de resultados de la variable motivación se empleó un test con escala Likert que contó con las siguientes subcategorías: motivación profunda (MP), motivación

de rendimiento (MR) y motivación superficial (MS). Con la finalidad de realizar un estudio factorial, calcular la correlación entre las diferentes respuestas y agrupar las preguntas por categorías, se asignó un valor numérico a cada respuesta (muy en desacuerdo=1, en desacuerdo=2, de acuerdo=3 y muy de acuerdo=4). La Tabla 19 muestra la prueba validada y aplicada.

Tabla 19

Prueba para medir los componentes de motivación para el grupo control y experimental antes y después del proceso de investigación.

Ítem	Pregunta	Escala			
		Respuestas			
1.	Me desanimo fácilmente cuando obtengo una baja calificación.	1	2	3	4
2.	Me satisface estudiar ciencia y tecnología porque siempre descubro algo nuevo.	1	2	3	4
3.	Pienso que es siempre importante obtener altas calificaciones.	1	2	3	4
4.	Reconozco que estudio para aprobar.	1	2	3	4
5.	Me gusta aprender siempre cosas nuevas para profundizar después en ellas.	1	2	3	4
6.	Es muy importante para mí que los profesores señalen exactamente lo que debemos hacer.	1	2	3	4
7.	Considero que las carreras en ciencia, tecnología, ingeniería o matemáticas son interesantes.	1	2	3	4
8.	En el momento de hacer los exámenes tengo miedo de reprobar.	1	2	3	4
9.	Pienso que al estudiar las áreas de ciencias puedo comprender mejor el entorno.	1	2	3	4
10.	Me gusta competir para obtener las mejores calificaciones.	1	2	3	4
11.	Estudiar matemáticas, física, tecnología e informática me brindará opciones para conseguir un estudio universitario o un trabajo fácilmente.	1	2	3	4
12.	Me gustaría usar la robótica para aprender matemáticas.	1	2	3	4
13.	Lo importante para mí es conseguir buenas notas en todas las materias.	1	2	3	4
14.	Cuando profundizo en el estudio, sé que puedo aplicar en la práctica lo que voy aprendiendo.	1	2	3	4
15.	Si puedo, intentaré sacar mejores notas que mis compañeros/as.	1	2	3	4
16.	Lo que quiero estudiar es solamente lo que me van a preguntar en los exámenes.	1	2	3	4
17.	Prefiero estudiar los temas que me resultan interesantes, aunque sean difíciles.	1	2	3	4
18.	Cuando salen las notas acostumbro a compararlas con las de mis compañeros/as.	1	2	3	4
19.	Creo que soy un buen estudiante.	1	2	3	4
20.	Tengo buenas cualidades para estudiar.	1	2	3	4
21.	Me considero un estudiante del montón.	1	2	3	4
22.	Me gustaría aprender más sobre las carreras que involucran ciencia, ingeniería, tecnología y matemáticas.	1	2	3	4

La prueba se aplicó en dos momentos: antes de iniciar y una vez terminado el proceso de formación, tanto al grupo control como al grupo experimental. De esta manera podemos identificar los cambios en motivación de cada grupo, compararlos entre sí e identificar sus similitudes y diferencias en cuanto a la variable motivación. La Tabla 20 sintetiza los resultados de la prueba y es base para identificar los cambios atribuibles a la motivación de cada grupo y, adicionalmente, comparar el grupo control con el grupo experimental en la dimensión motivacional.

6.9.1 Análisis de motivación del grupo control y experimental

Para validar el test de la variable motivación se aplicó el análisis estadístico de Cronbach. El valor resultante mide el grado de confiabilidad vinculado a la homogeneidad o consistencia interna, para lo cual se dispone del coeficiente α (alpha) que en nuestro estudio se mantuvo entre valores 0,802 y 0,851 para los dos grupos, que en la escala de análisis indica una alta confiabilidad del instrumento aplicado.

Luego de validar el test, se realizó un análisis factorial para agrupar las variables altamente correlacionadas y obtener grupos que entre sí tienen baja correlación. De esta manera y acorde a las categorías de las preguntas (motivación profunda, motivación superficial y motivación de rendimiento), caracterizamos la variable motivación de cada grupo antes y después del proceso de investigación.

En el análisis factorial (Tabla 20) mostramos la relación entre las diferentes preguntas agrupadas de acuerdo con el valor de correlación representado en las filas Factor 1, Factor 2, ... Factor 5., en cada una de las aplicaciones y en cada uno de los grupos. En la columna grupo control y grupo experimental, están los factores agrupados

en la fase inicial y final del trabajo de investigación. En el cruce del factor con la prueba en cada grupo, están los ítems o preguntas del test y, en paréntesis, el valor de correlación correspondiente al ítem. Por ejemplo, el primer factor agrupó las preguntas 13, 9, 4 y 19 en el pre-test del grupo control que indica que están correlacionadas entre sí y se relacionan con la motivación de rendimiento. Finalmente, en la última fila de la tabla, se encuentra el orden de cada factor acorde a su clasificación luego del proceso estadístico. El factor uno para el grupo control en el pre-test fue motivación de rendimiento, al igual que en el post-test; en paralelo, para el grupo experimental en el pre-test el factor uno fue motivación de aprendizaje y también en el post-test. Para comprender la comparación entre los ítems agrupados es importante tener en cuenta que no todos los ítems agrupados en la *fila factor 1* corresponden a motivación de rendimiento.

Tabla 20

Resultados de la aplicación del test en dos momentos: antes (pre-test) y después (post-test) del proceso de formación de los dos grupos (control y experimental). Se muestra el agrupamiento de ítems para cada factor con base en la correlación entre ellos

FACTOR	Grupo control		Grupo experimental	
	PRETEST	POSTTEST	PRETEST	POSTTEST
FACTOR 1: RENDIMIENTO	13(.809), 9(.765), 4(.699), 19(.596)	16(.745), 3(.73), 21(.721), 15(.648)	5(.845), 9(.829), 7(.806), 13(.772), 3(.768), 11(.753), 17(.748), 19(.717)	2(.8269), 5(.810), 17(.720), 20(.664)
FACTOR 2: LOGRO	8(.892), 16(.690), 1(.634)	20(.79), 1(.773), 19(.761), 8(.608), 13(.572)	10(.911), 12(.876), 4(.587), 16(.465)	16(.883), 21(.755), 14(.740), 12(.608)
FACTOR 3: CONTENIDO	15(.787), 20(.749)	10(.819), 11(.745)	6(.815), 8(.787), 14(.687), 15(.575)	4(.873), 3(.829)
FACTOR 4: APRENDIZAJE	5(.936)	17(.936)	20(.887)	11(.834), 9(.73), 19(.667)
FACTOR 5: SENTIDO & OCUPACIÓN	11(.936), 12(.653)	6(.853)	2(.797)	8(.869), 18(.685)

TOTAL ITEMS AGRUPADOS		12	13	17	15
Orden de factores	1	Rendimiento	Rendimiento	Aprendizaje	Aprendizaje
	2	Logro	Logro	Rendimiento	Sentido/Ocup.
	3	Contenido	Sentido/Ocup.	Logro	Rendimiento
	4	Aprendizaje	Aprendizaje	Contenido	Logro
	5	Sentido/Ocup.	Contenido	Sentido/Ocup.	Contenido

Como se realizó estadísticamente una medida en la matriz de factores de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), los valores menores a 0,5 no fueron aceptados para realizar las agrupaciones de las preguntas y fueron excluidos. En la fila “Total de Items Agrupados” (tabla 2) se muestra el número de ítems incluidos, como resultado del análisis estadístico. Se pueden observar diferencias en la cantidad de ítems agrupados debido a la baja fiabilidad, la redacción de la pregunta o ambigüedad en los ítems del test.

Acorde con las agrupaciones del primer factor, denominado *motivación de rendimiento*, que hace referencia al interés dirigido a los buenos resultados reflejados en una valoración numérica, ítems como: *Lo importante para mí es conseguir buenas notas en todas las materias*, reflejan esta motivación. Comparando con estudios en diferentes contextos educacionales (Dweck, 1986; González, 1997; Hayamizu y Weiner, 1999; Brenlla; 2005; Morán, 2004; Barca, 2000), la motivación de rendimiento (MR) está dirigida a los buenos resultados académicos y de buen rendimiento como lo reflejan los ítems 3,4,8,9,13,16 del test de motivación. En este sentido, el factor de rendimiento es dominante para el grupo control tanto en el pre-test como en el post-test. Si bien no todos los ítems están presentes en la agrupación de MR, son los que predominan. En contraste, los datos del grupo experimental muestran que la MR se encuentra presente en el pre-test

en segunda instancia y, luego de implementar la propuesta STEM en robótica, pasa la MR a un tercer nivel.

El factor dos, denominado motivación de logro (ML), se define como la percepción del estudiante de la dificultad para realizar una tarea. En consecuencia, si la tarea implica el grado de dificultad que impida su realización, se busca otras formas para aprobar como “copiar”. Lo anterior implica que aprobar, por ejemplo, un examen es más importante que el aprendizaje que se pueda tener; al final, como en el factor 1, lo primordial es obtener una buena calificación. En este sentido el grupo control muestra este factor en el pre-test en un segundo nivel, a diferencia del grupo experimental, para el cual se encuentra en una tercera posición. Después de la experiencia de formación, el grupo control mantuvo el segundo lugar para la ML y el experimental le asigna un cuarto lugar.

El factor tres, motivación por contenido (MC), se entiende como la memorización (contenidos) y realización del menor esfuerzo para completar una tarea. El ítem 15 (*Si puedo, intentaré sacar mejores notas que mis compañeros/as*) ejemplifica esta situación. En el pre-test, el grupo control muestra MC en tercer lugar y el experimental, en el cuarto. Luego de la experiencia de formación, cada grupo contiene la MC en el último puesto.

El factor cuatro, denominado motivación de aprendizaje (MA), se refiere al interés por nuevas habilidades y mejoramiento de conocimientos adquiridos. En el grupo control, tanto en el pre-test como en el post-test, esta clase de motivación ocupa el cuarto lugar de importancia, en tanto en el grupo experimental, ocupa el primer lugar.

Por último, el factor cinco llamado motivación por sentido de ocupación (MSO), relaciona ítems que desvinculan la nota como eje central de interés y aparece la integración del conocimiento como motivador del aprendizaje, especialmente con la aplicación de la robótica. Tanto en el grupo control como en el experimental, al inicio de la experiencia, este factor los encontramos en último lugar. Al finalizar la experiencia el cambio observado es más relevante en el grupo experimental que agrupa ítems de la MSO en segunda instancia; el grupo control ubica este factor en un tercer nivel, con menos ítems agrupados que en el experimental.

En conclusión, si observamos secuencialmente las agrupaciones de los ítems en cada componente motivacional en el momento de iniciar el proceso de formación, el grupo control aparece como motivado por las calificaciones para realizar una tarea (su principal motivación), seguido del interés por la memorización y la realización con el menor esfuerzo posible de sus actividades académicas y, en última instancia, por el aprendizaje como un componente significativo de su desarrollo académico y mantuvo esta tendencia. En contraste el grupo experimental mantuvo la motivación de aprendizaje como eje prioritario, destacando que los factores motivacionales referentes a las calificaciones ML, MC, MR pasaron de las primeras agrupaciones factoriales a las últimas, lo cual es indicador de un mayor interés por aprender y descubrir nuevas habilidades en los procesos académicos.

La prevalencia de la MA facilitó la implementación de la propuesta STEM en robótica y el alcance respecto al conocimiento adquirido durante el proceso de investigación; de hecho, en el pre-test en el factor MA contienen ítems (13, 11, 19) de

otros componentes motivacionales y al finalizar el proceso se resaltan los ítems (2, 5, 16, 20) que dan cuenta del comportamiento de MA.

Estos resultados dan relevancia a la explicación de que la experiencia STEM con robótica influyó más en la MSO del grupo experimental respecto al grupo control que se manejó con una metodología tradicional (de igual manera encontramos una ganancia en la MSO en los dos grupos) y se puede atribuir este comportamiento a la temática propuesta en los dos grupos (la robótica), que generó un interés y esfuerzo adicional en los estudiantes por desarrollar las actividades.

6.10 Resultados del test Colaboración

Para el análisis de resultados de la variable colaboración se aplicó un pre-test y un post-test con escala Likert que contó con las siguientes subcategorías de medición: heterogeneidad (HG), habilidades sociales (HS), interacción (IT) e interdependencia positiva (IP). Con la finalidad de realizar un estudio factorial, calcular la correlación entre las diferentes respuestas y agrupar las preguntas por categorías, se asignó un valor numérico a cada respuesta (muy en desacuerdo=1, en desacuerdo=2, de acuerdo=3 y muy de acuerdo=4). La Tabla 21 muestra la prueba validada y aplicada.

Tabla 21

Prueba para medir los componentes de colaboración para el grupo control y experimental antes y después del proceso de investigación.

Ítem	Pregunta	Escala Respuestas			
1.	Los miembros de mi grupo tienen habilidades que se complementan.	1	2	3	4
2.	En esta asignatura cada miembro del grupo se tiene que esforzar para ayudar al grupo a conseguir sus resultados.	1	2	3	4
3.	Los miembros del grupo poseen diferentes capacidades que facilitan la realización de la tarea.	1	2	3	4
4.	En esta asignatura, tenemos la oportunidad de compartir nuestras opiniones entre los miembros de grupo.	1	2	3	4

5.	Cuanto mejor haga su tarea cada miembro del grupo, mejores resultados obtiene el grupo.	1	2	3	4
6.	En nuestro grupo hay diversidad de opiniones que nos ayudan en el aprendizaje.	1	2	3	4
7.	En esta asignatura se promueve el respeto en las relaciones grupales.	1	2	3	4
8.	Esta asignatura me permite interactuar con mis compañeros/as de grupo.	1	2	3	4
9.	En esta asignatura, cuando trabajamos en grupo, tenemos que asegurarnos que todos aprenden.	1	2	3	4
10.	Los miembros del grupo somos diferentes en varios aspectos, lo cual nos enriquece.	1	2	3	4
11.	Esta asignatura favorece que podamos expresar libremente nuestros puntos de vista.	1	2	3	4
12.	En esta asignatura, la interacción con mis compañeros/as de grupo es necesaria para llevar a cabo la tarea.	1	2	3	4
13.	Cuando trabajamos en grupo nuestra calificación depende de cuánto han aprendido todos los miembros.	1	2	3	4
14.	En esta asignatura necesito la ayuda de mis compañeros de grupo para completar la tarea.	1	2	3	4
15.	Cuando trabajamos en grupo cada miembro tiene una tarea con la que contribuir.	1	2	3	4
16.	Cuando trabajamos en grupo no podemos completar una tarea a menos que todo el mundo contribuya.	1	2	3	4
17.	Cuando trabajamos en grupo se necesitan las ideas de todos para alcanzar el éxito.	1	2	3	4
18.	Cuando trabajamos en grupo tenemos que compartir materiales o información para completar la tarea.	1	2	3	4
19.	En esta asignatura nos comunicamos y compartimos información con los compañeros/as del grupo por distintos medios (presencial, virtual...).	1	2	3	4

La prueba se aplicó en dos momentos: antes de iniciar y una vez terminado el proceso de formación, tanto al grupo control como al grupo experimental. De esta manera podemos identificar los cambios de cada grupo, compararlos entre sí e identificar sus similitudes y diferencias en cuanto a la variable colaboración. La Tabla 22 sintetiza los resultados de la prueba y es base para identificar los cambios atribuibles a la colaboración de cada grupo y, adicionalmente, comparar el grupo control con el grupo experimental en la dimensión colaborativa.

6.10.1 Análisis de colaboración del grupo control y experimental

Para validar el test de la variable colaboración se aplicó el análisis estadístico de Cronbach. El valor resultante mide el grado de confiabilidad vinculado a la

homogeneidad o consistencia interna, para lo cual se dispone del coeficiente α (alpha) que en nuestro estudio se mantuvo entre valores 0,820 y 0,962 para los dos grupos, que en la escala de análisis indica una alta confiabilidad del instrumento aplicado.

Después de validar el test, se realizó un análisis factorial para agrupar las variables altamente correlacionadas y obtener grupos que entre sí tienen baja correlación. De esta manera y acorde a las categorías de las preguntas (HG, HS, IT, IP), caracterizamos la variable colaboración de cada grupo antes y después del proceso de investigación.

En el análisis factorial (Tabla 22) mostramos la relación entre las diferentes preguntas agrupadas de acuerdo con el valor de correlación representado en las filas Factor 1, Factor 2, ... Factor 5., en cada una de las aplicaciones y en cada uno de los grupos. En la columna grupo control y grupo experimental, están los factores agrupados en la fase inicial y final del trabajo de investigación. En el cruce del factor con la prueba en cada grupo, están los ítems o preguntas del test y, en paréntesis, el valor de correlación correspondiente al ítem. Por ejemplo, el primer factor agrupó las preguntas 17, 6, 9, 10, 12 y 19 en el pre-test del grupo control que indica que están correlacionadas entre sí y se relacionan con la actitud colaborativa. Finalmente, en la última fila de la tabla, se encuentra el orden de cada factor acorde a su clasificación luego del proceso estadístico. El factor uno para el grupo control en el pre-test fue actitud colaborativa, a diferencia del post-test que fue interdependencia positiva; de la misma manera, para el grupo experimental en el pre-test el factor uno fue interdependencia positiva y en el post-test actitud colaborativa.

Tabla 22

Resultados de la aplicación del test colaboración en dos momentos: antes (pre-test) y después (post-test) del proceso de formación de los dos grupos (control y experimental). Se muestra el agrupamiento de ítems para cada factor con base en la correlación.

FACTOR	Grupo control		Grupo experimental		
	PRETEST	POSTTEST	PRETEST	POSTTEST	
FACTOR 1: Actitud Colaborativa (AC)	17(.898), 6(.822), 9(.764), 10(.763), 12(.728), 19(.723)	15(.866), 9(.862), 19(.640), 16(.629), 2(.610)	11(.863), 12(.845), 5(.844), 17(.831), 9(.765), 7(.731), 8(.723), 14(.694)	8(.892), 3(.889), 12(.856), 2(.854), 5(.844), 19(.817), 11(.793), 15(.785), 7(.780), 9(.758), 13(.710), 6(.696), 18(.669), 17(.646)	
FACTOR 2: Interdependencia Positiva (IP)	11(.834), 16(.684), 15(.637), 5(.632)	3(.895), 1(.796), 5(.779)	15(.835), 16(.708), 10(.706)	16(.912), 10(.792)	
FACTOR 3: Heterogeneidad (HT)	1(.910), 2(.706), 3(.533)	14(.774), 12(.726), 6(.667)	13(.800), 18(.794), 2(.626)	14(.614)	
FACTOR 4: Interacción (INT)	8(.819), 18(.783)	18(.762), 10(.744), 8(.670)	1(.748), 19(.704), 6(.659)		
FACTOR 5: Habilidades sociales (HS)	14(.852)	17(.926), 11(.719)	3(.898)		
TOTAL ÍTEMS AGRUPADOS	16	16	18	17	
Orden de factores	1	Actitud Colaborativa	Interdependencia Positiva	Interdependencia Positiva	Actitud Colaborativa
	2	Interdependencia Positiva	Heterogeneidad	Heterogeneidad	Heterogeneidad
	3	Heterogeneidad	Actitud Colaborativa	Interacción	Interdependencia Positiva
	4	Interacción	Interacción	Actitud Colaborativa	
	5	Habilidades Sociales	Habilidades Sociales	Habilidades Sociales	

Como se empleó estadísticamente una medida en la matriz de factores de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), los valores menores a 0,5 no fueron aceptados para realizar las agrupaciones de las preguntas y fueron excluidos. En la fila “Total de Items Agrupados”

(tabla 22) se muestra el número de ítems incluidos, como resultado del análisis estadístico. Se pueden observar diferencias en la cantidad de ítems agrupados debido a la baja fiabilidad, la redacción de la pregunta o ambigüedad en los ítems del test.

El primer factor, denominado *actitud colaborativa*, caracteriza el ideal de los grupos respecto al trabajo colaborativo. Contiene elementos de heterogeneidad, interdependencia positiva y habilidades sociales.

Se observa que para el grupo control, en su fase inicial, la *actitud colaborativa* ocupa el primer lugar en la escala de valoración, a diferencia del grupo experimental que la ubica en el cuarto factor. En ambos casos (grupo control y experimental) después del proceso de investigación muestran cambios en el orden de valoración de este factor: el grupo control lo reubica a un tercer factor mientras que el grupo experimental le asigna el primer lugar y agrupa la mayor cantidad de ítems. El resultado es atribuible al trabajo colaborativo que propone el enfoque STEM.

El factor *interdependencia positiva*, hace referencia a la percepción de los estudiantes de no cumplir una meta si los demás miembros no lo logran. En este caso la asignación de roles en el grupo de trabajo es importante y se debe comunicar a los estudiantes que los esfuerzos individuales son primordiales para el éxito del grupo. En nuestro estudio y con base en el análisis estadístico, el grupo control le da el segundo lugar a esta característica en el pre-test y el primero en el post-test, mientras que el grupo experimental lo ubica en el primer lugar en el pre-test, y el tercer lugar en el post-test que corresponde al último en sus resultados.

El tercer factor llamado *heterogeneidad*, es la relación existente respecto a diversidad en el grupo: habilidades individuales, nivel académico, género, interés, motivación (ítems 1, 3, 6, 10). En este caso, el grupo control mostró un cambio en la agrupación factorial, comenzando la relación de ítems en el pre-test como tercer factor y finalizando en el post-test como segundo factor, resultado diferente al del grupo experimental que mantuvo esta relación factorial siempre en un segundo lugar.

El factor denominado *interacción* implica un espacio de aprendizaje activo donde los estudiantes se ayudan y apoyan entre sí (Atxurra et al., 2015). El grupo control ubica a esta característica siempre como cuarto factor, mientras el grupo experimental inicialmente lo agrupa en el tercer factor, y luego de emplear STEM en robótica, el factor desaparece y se encuentra inmerso en la agrupación del primer factor como lo ejemplifican los ítems 12 y 19.

El quinto factor *habilidades sociales* resalta las destrezas necesarias para tomar decisiones, proporcionar confianza, emplear procesos comunicativos entre pares y así contribuir con el éxito del grupo para completar una tarea. El grupo control asigna siempre el último lugar a estas características, mientras que el grupo experimental inicialmente lo muestra el último factor y, al finalizar, integra sus componentes al primer factor.

Es de observar que para el grupo experimental la cantidad de factores en el post-test disminuye a tres, debido a la cantidad de ítems agrupados en cada uno de los grupos que se forman estadísticamente.

En conclusión, la variable colaboración muestra una evolución diferente en los dos grupos: control y experimental. Los datos estadísticos del grupo control conservan un nivel de dispersión similar en el pre-test y en el post-test, con agrupación en cinco factores, en tanto el grupo experimental evoluciona de cinco factores a tres. Esta disminución de dispersión muestra que el grupo después del proceso de formación focaliza su valoración en tres factores.

Tenemos un grupo control que con la metodología tradicional mantuvo siempre cinco factores y con pequeños cambios en sus agrupaciones factoriales, pues se intercambiaron los factores *actitud colaborativa* con *interdependencia positiva*. Esta situación muestra que los miembros del grupo tienden a valorar la colaboración de manera diferente y la tenencia es menos definida. Probablemente la metodología tradicional no es muy eficiente para mejorar la valoración del trabajo colaborativo.

El STEM, tiende a premiar el trabajo colaborativo; esto parece que genera una tendencia a identificar sus valores y a reducir las diferencias en su valoración. El factor *actitud colaborativa* es el más relevante dentro de toda la experiencia y el que confirma las ventajas e importancia que implica el trabajo colaborativo para completar una tarea dentro de los procesos educativos.

Capítulo 7

Conclusiones

Uno de los aportes de la informática a la sociedad y, en particular a la pedagogía, es el impulso al pensamiento sistémico. La cognición, la motivación y la colaboración, en este proyecto, son dimensiones del mismo sistema que se corresponden al desarrollarse el aprendizaje; son tres perspectivas para mirar la misma realidad. La comparación de dos grupos que cambian por efecto del aprendizaje, impulsado por clases diferentes de experiencias, por una parte, en el sistema tradicional, y en el sistema STEM implementado, nos revela dos sistemas que cambian de manera diferente y de esta comparación podemos derivar conclusiones para nuestro conocimiento pedagógico.

Desde la perspectiva de cognición, la ganancia promedio en conocimiento del conjunto de las áreas de física, matemáticas, y tecnología e informática del grupo con STEM de 3,66, que en contraste con el grupo control constituye una superioridad del 53% (media de 1,944), muestra un cambio fuerte; desde la perspectiva motivacional, el grupo STEM evoluciona al interés por retos nuevos que le generen aprendizaje interesante, en tanto el grupo control permanece centrado en el interés por el desempeño y las calificaciones; desde la perspectiva de la colaboración, los dos grupos convergen a valorar positivamente la actitud colaborativa, la heterogeneidad y la interdependencia positiva, pero, los miembros del grupo STEM están centrados en estos valores, mientras los del método convencional están más dispersos en sus opiniones.

La investigación muestra entonces, desde tres perspectivas, un potencial de cambio mayor para el sistema STEM como estrategia pedagógica. La sinergia entre estas tres

dimensiones del aprendizaje sugieren un potencial positivo del enfoque STEM para mejorar la calidad educativa.

El estudio del componente motivacional en el marco del proceso investigativo, nos muestra las diferencias por las cuales los estudiantes deciden realizar una tarea dentro de un espacio de aprendizaje; el grupo que experimentó una metodología tradicional de enseñanza fue motivado por las calificaciones y buenos resultados durante toda la experiencia. El grupo intervenido con la experiencia STEM se caracterizó por mantener una motivación de aprendizaje que indica el interés intrínseco por aprender y descubrir nuevas habilidades en los procesos académicos.

En cuanto al trabajo colaborativo el modelo STEM tiende a premiar este tipo de procesos, demostrable en nuestro análisis estadístico factorial que evidencia una evolución de cinco factores a tres, para el grupo con el enfoque STEM siendo la actitud colaborativa la más relevante dentro de toda la experiencia confirmando las ventajas e importancia que denota el trabajo colaborativo en el desarrollo de una tarea dentro de un proceso educativo.

La integración del conocimiento teóricamente permite pensar que, si se fortalece el aprendizaje en una de las áreas integradas, se fortalecen los otros de manera indirecta. Por ejemplo, si la competencia de diseñar y programar se fortalece, se podría pensar que el aprendizaje de la física y de la matemática mejoraría de manera indirecta, y esto se manifestaría en una correlación significativa entre componentes. El contraste de resultados en la investigación muestra mayor correlación de física con matemáticas (0,415 en el grupo STEM frente a 0,130 en el grupo control, casi significativa), mayor

correlación entre tecnología y física (0,202 del grupo STEM frente a -0,054 del grupo control) y sólo menor en tecnología con matemáticas (-0.151 del grupo STEM frente a 0,370 del grupo control). Si bien los resultados sugieren una tendencia incipiente de asociación entre matemáticas y física, y entre física y tecnología, la falta de correlación entre tecnología y matemática genera interrogantes. Una primera hipótesis se puede orientar a la duración de la experiencia y sugerir que, dado que la historia de aprendizaje independiente de las disciplinas es muy larga, la observación de cambios significativos exigiría mayor tiempo de desarrollo de experiencia con el sistema STEM. El hecho de que la tecnología y la matemática no correlacionen hacen pensar en revisar el sistema de diseño de las experiencias de aprendizaje y la forma de vinculación de la matemática con la programación. Estos hallazgos sugieren desarrollar investigación para resolver estos interrogantes.

El sistema STEM implementado en esta investigación crea un entorno como contexto para la construcción de conocimiento: al presentar problemas y activar la estrategia de lluvia de ideas se activaron conocimientos previos y relaciones con el contexto, propicias para desarrollar aprendizaje significativo. Pero también introduce dispositivos como el cuaderno, el computador y el robot que ayudan a vincular conceptos con acciones y uso de esos dispositivos para la generación de *affordances* en un enfoque de ecosistema de aprendizaje (Maldonado et al. 2019). Al vincular los conceptos con la programación, el uso de robots y colaboración entre miembros de grupo se involucra tanto el sistema de conceptos y percepciones con conjuntos de acciones que activan

emociones que impulsan ciclos de experiencia y aprendizaje y no sólo acciones separadas (Dove, 2016; Maldonado, 2012).

Estos resultados confirman estudios como los de Pinto et al. (2016), Gomez (2014) , Espinosa & Sneider (2018), que resaltan la efectividad del modelo STEM para la integración del conocimiento y ganancia en conocimiento.

En relación a la aplicación de la robótica dentro de la experiencia se desarrollaron habilidades que se pueden relacionar directamente con STEM como: a) la resolución de problemas (*challenge*) b) investigación científica c) la supervisión, evaluación y refinamiento del proyecto d) la divulgación de la experiencia vivida.

Finalmente se ha demostrado con la investigación una evolución en los componentes cognitivos, de motivación y colaboración al emplear un enfoque STEM respecto a una metodología tradicional de enseñanza; se propone para un estudio futuro la relación directa que tienen estas variables y se destaca la importancia de este estudio para desarrollar estrategias que permitan mejorar el aprendizaje de los estudiantes y a su vez contribuir con el desarrollo de las habilidades del siglo XXI.

Referencias

- Atxurra, C., Villardón-Gallego, L., & Calvete, E. (2015). Design and validation of the cooperative learning application scale (CLAS). *Revista de Psicodidáctica*, 20(2), 339–357. <https://doi.org/10.1387/RevPsicodidact.11917>
- Barca, A., Porto, A., Santorum, R., Brenlla, J., Morán, H., & Barca, E. (2005). La escala CEAP48: un instrumento de evaluación de la motivación académica y atribuciones causales para el alumnado de enseñanza secundaria y universitaria de Galicia. *Revista de Psicología y Educación*, 1, 265–302.
- Barcelona, K. (2014). 21st century curriculum change initiative: A focus on STEM education as an integrated approach to teaching and learning. *American Journal of Educational Research*, 2(10), 862–875.
- Bers, M. U. (2010). *El programa de robótica TangibleK. Pensamiento computacional aplicado para niños pequeños*.
- Bosch, H., Di Blasi, M., Pelem, M., Bergero, M., Carvajal, L., & Geromini, N. (2011). Nuevo Paradigma Pedagógico Para Enseñanza De Ciencias Y Matemática. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 131–140.
- Bybee, R. W. (2010). *Advancing STEM education: A 2020 vision. Technology and Engineering Teacher*, 70 (6), 30-35.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer Science & Business Media.
- Charro, E., & Martín, L. (2018). *El papel de la robótica educativa en la adquisición de la*

competencia STEM.

Chavarría, M., & Saldaño, A. (2010). La robótica educativa como una innovativa interfaz educativa entre el alumno y una situación-problema. *Didasc@ Lia: Didáctica y Educación*, 2, 1–12.

Cifuentes Guerrero, A. P., & Adolfo, L. G. (2016). *Análisis cognitivo del proyecto STEM, enseñanza y aprendizaje de las matemáticas a través de la robótica.*

Corchuelo, M. A. (2015). *Propuesta de lineamientos para el desarrollo de ambientes de aprendizaje en robótica a través del estudio de experiencias.* Universidad de La Sabana.

DeBoer, G. E. (1991). A History of Ideas in Science Education: Implications for Practice. *ERIC.*

Delors, J. (1996). de la publicación: La Educación Encierra un Tesoro (Libro). *Recuperado El, 1.*

Emeagwali, N. S. (2015). *ROBOTICS AND STEM. Techniques: Connecting Education & Careers.*

Espinosa, J. B., & Sneider, C. (2018). *Educación Stem: Introducción a Una Nueva Forma de Enseñar Y Aprender.* EL GLOBO DE ANTONIA.
<https://books.google.com.co/books?id=bDAJugEACAAJ>

Felder, R. M., & Brent, R. (2014). Cooperative Learning. *Encyclopedia of Science Education*, 1–1. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6165-0_103-2

Flores, A. P. (2018). *Efectividad del programa de robótica “STEM” en el aprendizaje del área de matemática en estudiantes de grado séptimo en la Institución Policarpa*

Salavarieta.

- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., & Okoroafor, N. (2016). *Aprendizaje activo mejora el desempeño estudiantil en ciencia, ingeniería y matemática*. 1–16.
- García, J. M. (2015). Robótica Educativa: La programación como parte de un proceso educativo. *RED: Revista de Educación a Distancia*, 46, 4.
- García, J. M., & Castrillejo, D. (2007). *Robótica en la escuela del Tercer Mundo*. *Robotics at school in the Third World. A different way of learning to learn*. *Robótica en la escuela del Tercer Mundo*. 1–6.
- Garzón, V. (2016). Programa Stem Robótica Uniminuto-Icarnege: Competencias Para La Formación De Futuros Ingenieros. *Encuentro Internacional de Educación En Ingeniería ACOFI*.
<https://www.acofipapers.org/index.php/eiei2016/2016/paper/viewFile/1737/647>
- Gomez, L. M. (2014). *Cultura STEM y la Educación para el siglo XXI*.
- González, J. J., & Builes, J. A. J. (2009). La robótica como herramienta para la educación en ciencias e ingeniería. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 10, 31–36.
- Grosman, P. L. (2008). Ser competente en tecnología: una necesidad para el desarrollo. *MEN. Bogotá*.
- Hernández, C. A. (2001). Aproximación a un estado del arte de la enseñanza de las ciencias en Colombia. *Estados Del Arte de La Investigación En Educación y Pedagogía En Colombia. Bogotá: Icfes, Colciencias, Sicolpe*.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (Vol. 3). México: McGraw-Hill.
- Hernández, V. (2016). *Robótica Educativa: Roboti ¿Qué?* 2015–2016.
- Herrera, Y. C., & Rincon, D. (2013). *Estado del arte de la robótica educativa en el ámbito mundial*.
- Hurtado, M. F., & González, J. (2017). Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM
Secondary Teachers Training Needs to Implement Gamified Experiences in STEM. *RED. Revista de Educación a Distancia*. Núm. 54. Artíc, 8, 30–36.
<https://doi.org/10.6018/red/54/8>
- Jaramillo, T. G., & Vásquez, J. A. A. (2014). Los robots llegan a las aulas. *Infancias Imágenes*, 13(01), 143–147.
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/infancias/article/view/8122>
- Maldonado, L. F., Benítez, M., Achipiz, M. A., & Rengifo, L. J. (2019). Integración de Tecnología digital en Ecosistemas de Aprendizaje. *Cali: Colombia, Publicación Universidad de San Buenaventura, Programa de Doctorado En Educación, Énfasis En Entornos Virtuales de Aprendizaje*.
- Manzano, F. J., Gómez, M., & Mozo, J. (2017). Mecanismos articulados: Geometría Dinámica y Cinemática en un entorno educativo STEM. *Innoeduca: International Journal of Technology and Educational Innovation*, 3(1), 15–27.
- Márquez, J., & Ruiz, J. (2014). Robótica educativa aplicada a la enseñanza básica secundaria. *Didáctica, Innovación y Multimedia*, 30, 1–12.

- Mendoza, J. C., & Rivera, J. P. (2013). *Aplicación de la robótica educativa como estrategia en el desarrollo de las capacidades del área “cerrando brechas del conocimiento” con estudiantes de séptimo grado del Complejo Educativo Fe y Alegría San José del Municipio de Soyapango, en el año 2012*. Universidad de El Salvador.
- Misas, G. (2004). *Educación superior en Colombia y estrategias*.
- Monsalves, S. (2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. *Revista de Pedagogía*, 32(90).
- Morgan, J. R., Moon, A. M., & Barroso, L. R. (2013). Engineering better projects. In *STEM Project-Based Learning* (pp. 29–39). Springer.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education*. Baltimore, MD: TIES.
- MOVA. (2014). *Expedición Currículo El Plan de Área de Tecnología e Informática*.
- Odorico, A. (2004). Marco teórico para una robótica pedagógica. *Revista Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 1(3), 34–46.
- OECD. (2016). *La educación en Colombia ucation in Colombia Educación en Colombia*.
- Perafán, B. (2004). Posibilidades reales de los docentes para promover valores democráticos en el aula. *Bogotá-Colombia: Universidad de Los Andes*.
- Perez, I., & Silva, Á. (2016). Una propuesta para la apropiación del concepto de función con base en la modelación de fenómenos enmarcado en el método STEM de enseñanza. In *Revista Educación Las Américas* (Vol. 3).
- Pinto, M., Barrera, N., Pérez, W., Lleida, U. De, Julià, C., Antolí, J. Ò., Noelia Moreno,

- Juan Leiva, E. L., García, J. M., Rebollo, G. O., Centro, E., Nacional, E. C., Centr, E., Centro, E., Nacional, E. C., Nacion, E. C., Nacional, E. C., Nacional, C., Nacional, E. C., Centro, E., ... Vicente, F. R. (2016). Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas , Aprendizaje Cooperativo , Flipped Classroom y Robótica Educativa . *Espiral. Cuadernos Del Profesorado*, 32(2), 74–90. <https://doi.org/10.6018/red/46/8>
- Rebollo, G. O., Albaladejo, I. M. R., Cuadra, F. G., & Sánchez, A. C. (2015). Implantación de la nueva asignatura “Robótica” en Enseñanza Secundaria y Bachillerato. *Investigación En La Escuela*, 87.
- Reimers, F. M., & O’Donnell, E. B. (2016). *Quince cartas sobre la educación en Singapur: Reflexiones de la visita de una delegación de educadores de Massachusetts a Singapur en Octubre de 2015*. Fondo de Cultura Economica.
- Reyes Herrera, L., & Molina Albarracin, A. (2005). Alfabetización científica: creencias, roles, metas y contextos para un mundo mejor. *Enseñanza de Las Ciencias, Extra*. https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp456alfcie.pdf
- Ribeiro, C. R., Coutinho, C. P., & Costa, M. F. M. (2011). A robótica educativa como ferramenta pedagógica na resolução de problemas de matemática no ensino básico. *6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI 2011)*, 440–445.
- Sánchez, F. Á., & Guzmán, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Teoría de La Educación*.

Educación y Cultura En La Sociedad de La Información, 13(2).

Schulz, R. A. (2016). STEM y Modelamiento Matemático. *Cuadernos de Investigación y Formación En Educación Matemática*, 11(15), 291–317.

[https://doi.org/10.1016/S0030-4018\(03\)01205-7](https://doi.org/10.1016/S0030-4018(03)01205-7)

Segura Lazcano, G. A., & Argüello Zepeda, F. (2018). Lecciones del sistema educativo finlandés. *UNIVERSITARIA; Vol. 1 Núm. 6 (2018): UNIVERSITARIA*.

<https://revistauniversitaria.uaemex.mx/article/view/10817>

Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial*. MIT press.

Tec, B., Uc, J., Gonzalez, C., García, M., Escalante, M., & Mantañez, T. (2010). Analisis comparativo de dos formas de enseñar matemáticas básicas: robots lego nxt y animación con scratch. *Memorias de La Conferencia Conjunta Ibero-Americana Sobre Tecnologías Para El Aprendizaje*, 103–109.

Tharayil, S., Borrego, M., Prince, M., Nguyen, K. A., Shekhar, P., Finelli, C. J., & Waters, C. (2018). Strategies to mitigate student resistance to active learning. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 7.

Tobón, S. (2006). *Competencias, calidad y educación superior*. Coop. Editorial Magisterio.

Viegas D'Abreu, J. V. (2017). Educación y Robótica Educativa. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 54.

Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview og creating a model of integrative education*. 335–358.

Zapatera, A., & Montes, N. (2017). Diseño de proyectos STEM a partir del currículum

actual de la Educación Primaria utilizando Aprendizaje basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa. *Universidad CEU Cardenal Herrera.*

Apéndice A

Pre-Test: conocimiento disciplinar, actitud hacia el aprendizaje y trabajo colaborativo.

Curso:
H M

Edad:

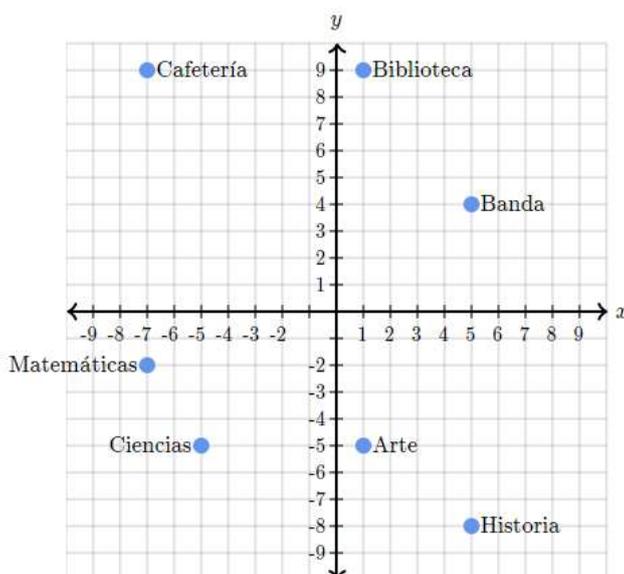
Sexo:

Parte 1: Dimensión Cognitiva

“Enamórate de alguna actividad y ¡hazlo! Nunca nadie realmente se da cuenta de lo que se trata la vida en realidad, y eso no importa. Explora el mundo. Prácticamente todo a nuestro alrededor es realmente interesante, si lo observas profundamente. Trabaja duro y cuanto puedas en las cosas que más te gusta hacer. No pienses en lo que quieres ser, sino lo que tú quieres hacer”. **Richard Feynman**

Matemáticas Plano Cartesiano

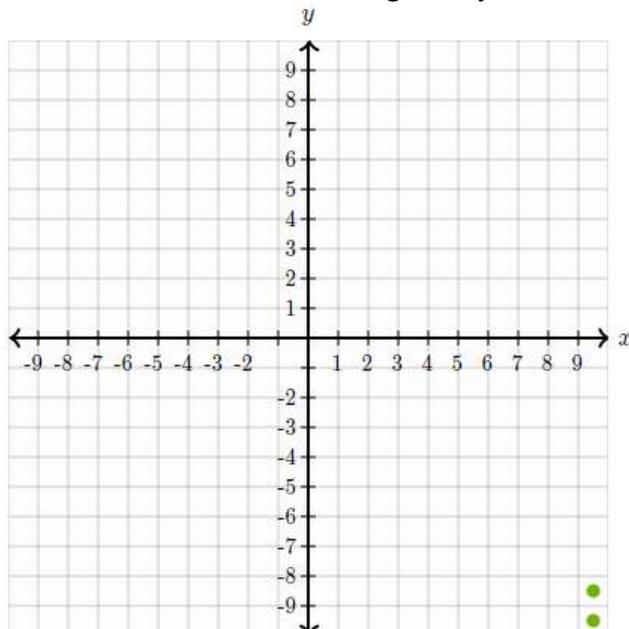
Cristian graficó la ubicación de varios lugares de su escuela en el plano coordenado que se presenta a continuación:



1. Acorde a la ubicación descrita por Cristian se puede afirmar que:
 - a. el salón de artes está más cerca de la biblioteca.
 - b. el salón de ciencias está más cerca de la biblioteca.
 - c. el salón de artes y ciencias está a la misma distancia de la biblioteca.
 - d. ciencias está más lejos de la cafetería que de la biblioteca.
2. La ubicación de la cafetería es:
 - a. (-7, 9)
 - b. (9, -7)
 - c. (-7, -2)
 - d. (1, 9)

3. A continuación se muestra un mapa coordenado de un supermercado. Las hamburguesas están en el punto $(6,4)$. Las salsas están en el punto $(6,-3)$.

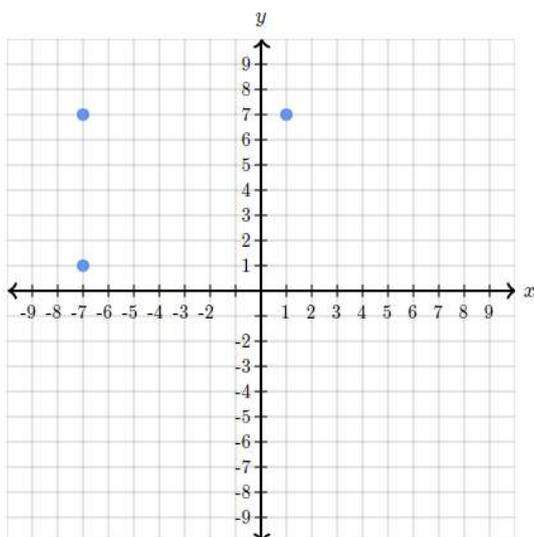
a. Grafica los puntos donde se ubican las hamburguesas y las salsas en el mapa



b. ¿Qué tan lejos están las hamburguesas de las salsas?

_____ unidades.

4. Cual par ordenado no está en la siguiente gráfica:



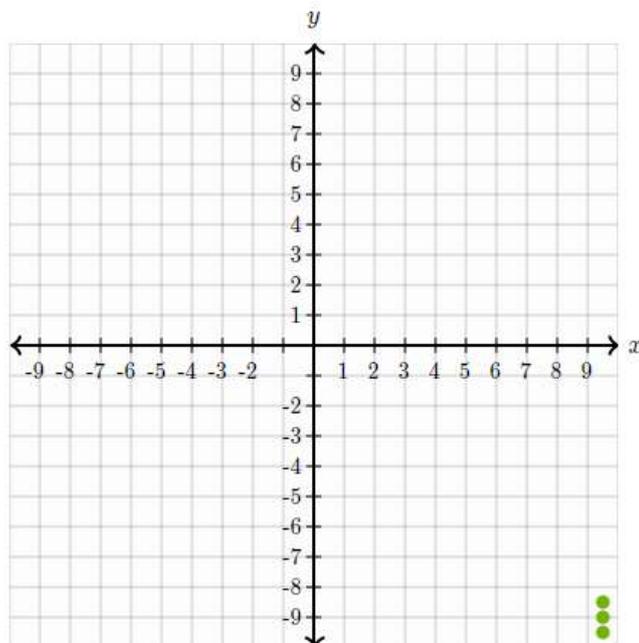
a. $(-7,1)$

b. $(1,7)$

c. $(-7,7)$

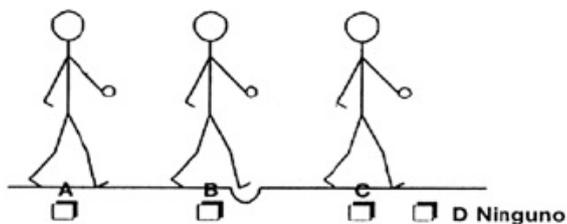
d. $(7,-7)$

5. Ubica los siguientes puntos en el plano: $(5.5, 4)$ $(-7,1)$ y $(0,-9)$

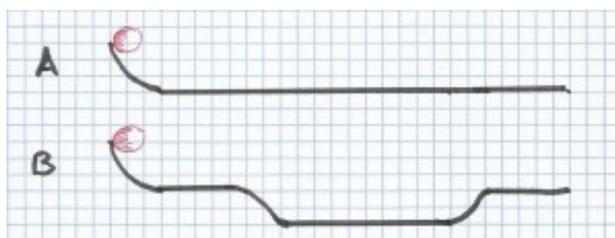


Física Movimiento Rectilíneo Uniforme

6. Tres amigos caminan hacia la derecha a la misma velocidad y compiten para introducir la pelota que llevan de la mano en el agujero situado en el suelo. Si sueltan los tres la pelota en el instante representado en la figura ¿cuál tiene posibilidades de ganar la competición?



7. Desde el reposo se dejan caer dos esferas en las pistas A y B, de igual longitud. ¿Cuál de ellas llegará primero al final de su pista?

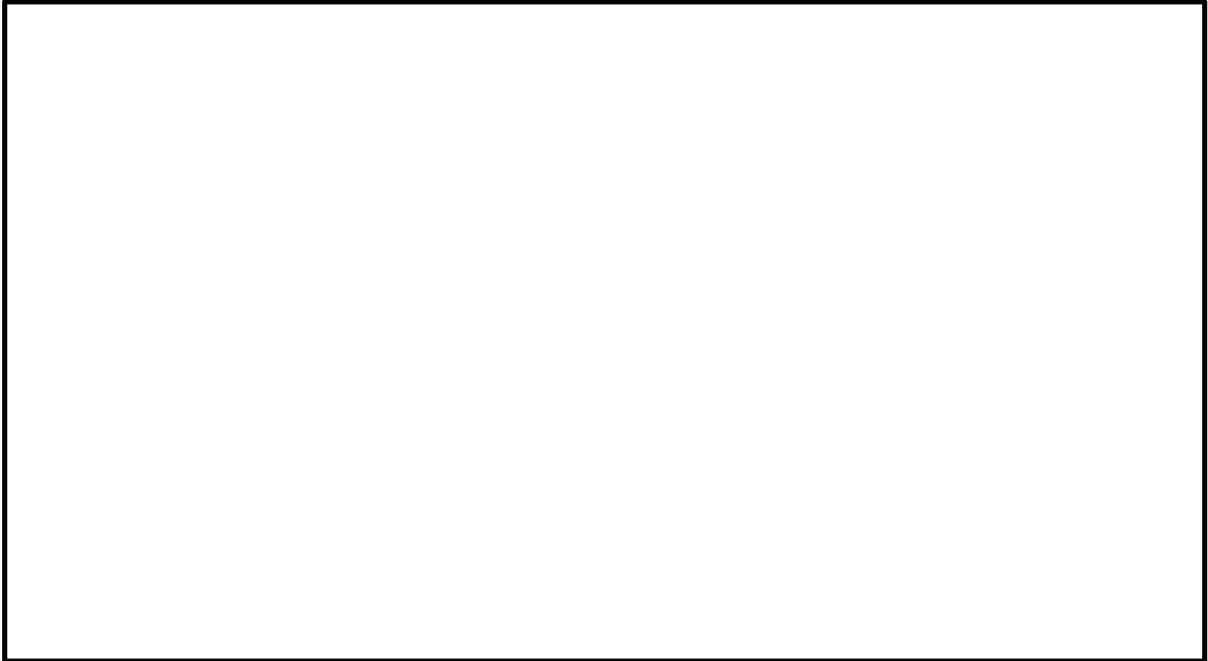


a) La A.

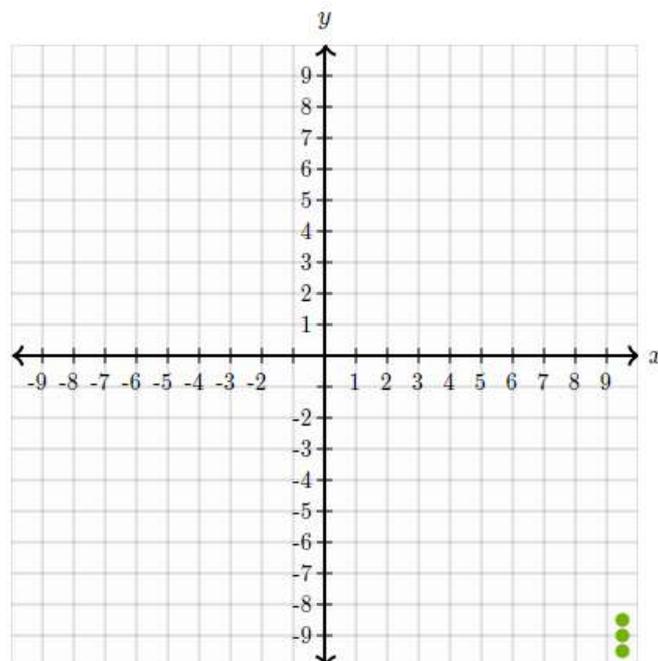
b) La B.

c) Las dos a la vez.

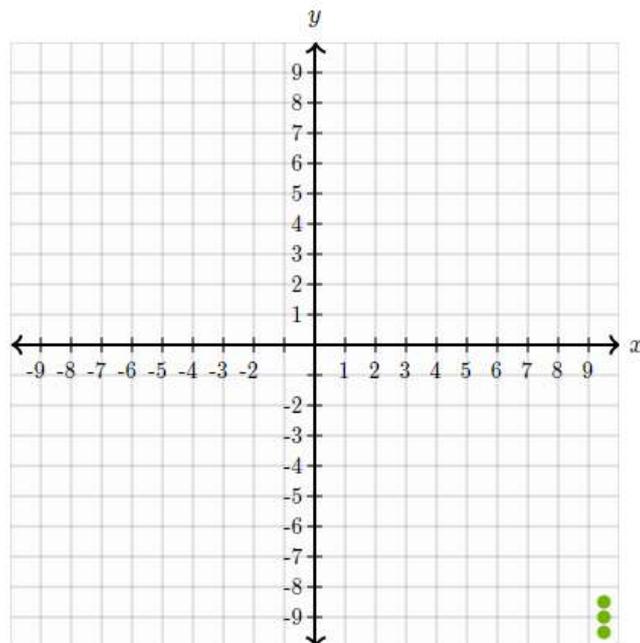
8. Un corredor avanza 3 km en un tiempo de 10 minutos.
- Calcula el valor de su velocidad, en km/h y m/s



- Realiza la gráfica velocidad – tiempo



c. Realiza la gráfica Posición – tiempo



9. La velocidad de un ciclista es de 10 m/s. ¿Qué distancia recorre en 125 s?

10. Encontrar la velocidad en m/s de un automóvil cuyo desplazamiento es de 7km al norte en 6 minutos

Tecnología e Informática Solución de Problemas

Debido a la temporada invernal los derrumbes son frecuentes en la vía Yacopi – Pacho. Los alcaldes de ambos municipios realizan una convocatoria a los habitantes para solucionar la problemática, debido a que la maquinaria disponible no es suficiente para cubrir la distancia entre los municipios.

Usted pertenece a un grupo de jóvenes que proponen construir una máquina autónoma que esté realizando el recorrido constantemente y despeje los elementos que impidan la movilidad en la zona.

- a. ¿Qué materiales y componentes debería llevar la máquina? ¿Cuál sería su utilidad? (Si es necesario puede graficarlos)



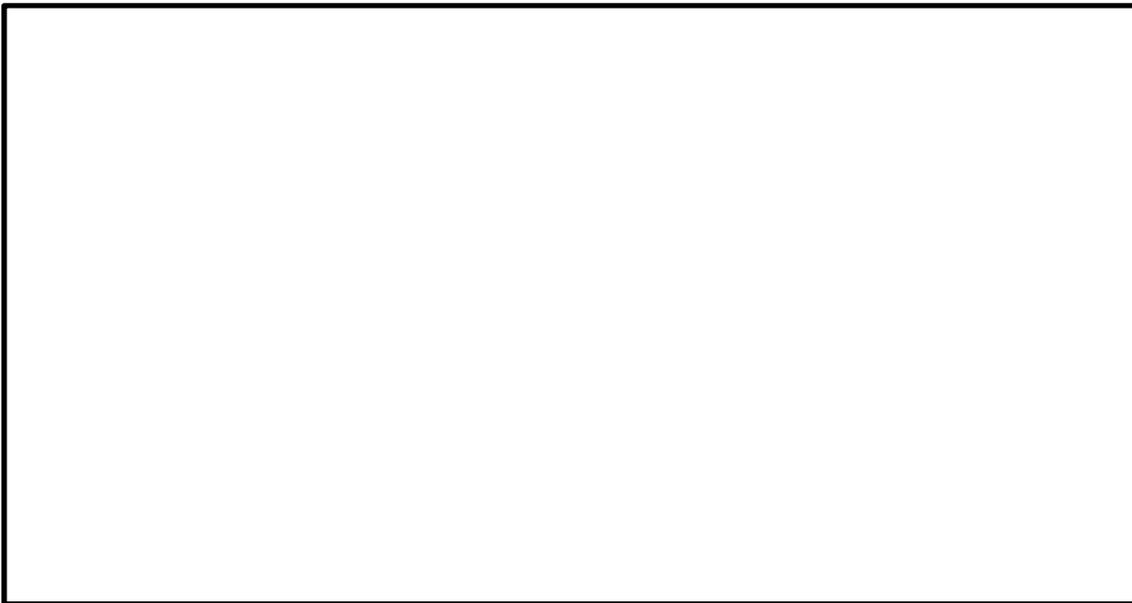
- b. Usted pertenece al grupo que diseñó la máquina, realice un boceto explicando su funcionamiento.



c. ¿Qué le agregaría a la solución del problema?



d. ¿Cuál sería la secuencia de pasos para llegar a la solución del problema planteado?



e. ¿Ayudaría la matemática o la física en la solución del problema? ¿De qué manera?



Apéndice B

Dimensión Actitudinal Motivación hacia el estudio

Cada una de las preguntas siguientes describe una situación que plantea criterios sobre la actitud que puede tener frente al estudio, especialmente en las clases de matemáticas, física y tecnología e informática. Por favor, para cada una de ellas indica el grado correspondiente con tus razones personales (señala el número apropiado).

Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
1	2	3	4

1.	Me desanimo fácilmente cuando obtengo una baja calificación.	1	2	3	4
2.	Me satisface estudiar ciencia y tecnología porque siempre descubro algo nuevo.	1	2	3	4
3.	Pienso que es siempre importante obtener altas calificaciones.	1	2	3	4
4.	Reconozco que estudio para aprobar.	1	2	3	4
5.	Me gusta aprender siempre cosas nuevas para profundizar después en ellas.	1	2	3	4
6.	Es muy importante para mí que los profesores señalen exactamente lo que debemos hacer.	1	2	3	4
7.	Considero que las carreras en ciencia, tecnología, ingeniería o matemáticas son interesantes.	1	2	3	4
8.	En el momento de hacer los exámenes tengo miedo de reprobarme.	1	2	3	4
9.	Pienso que al estudiar las áreas de ciencias puedo comprender mejor el entorno.	1	2	3	4
10.	Me gusta competir para obtener las mejores calificaciones.	1	2	3	4
11.	Estudiar matemáticas, física, tecnología e informática me brindará opciones para conseguir un estudio universitario o un trabajo fácilmente.	1	2	3	4
12.	Me gustaría usar la robótica para aprender matemáticas.	1	2	3	4
13.	Lo importante para mí es conseguir buenas notas en todas las materias.	1	2	3	4
14.	Cuando profundizo en el estudio, sé que puedo aplicar en la práctica lo que voy aprendiendo.	1	2	3	4
15.	Si puedo, intentaré sacar mejores notas que mis compañeros/as.	1	2	3	4
16.	Lo que quiero estudiar es solamente lo que me van a preguntar en los exámenes.	1	2	3	4
17.	Prefiero estudiar los temas que me resultan interesantes, aunque sean difíciles.	1	2	3	4
18.	Cuando salen las notas acostumbro a compararlas con las de mis compañeros/as.	1	2	3	4
19.	Creo que soy un buen estudiante.	1	2	3	4
20.	Tengo buenas cualidades para estudiar.	1	2	3	4
21.	Me considero un estudiante del montón.	1	2	3	4
22.	Me gustaría aprender más sobre las carreras que involucran ciencia, ingeniería, tecnología y matemáticas.	1	2	3	4

Apéndice C

Dimensión Colaborativa

Cada una de las preguntas siguientes describe una situación que plantea criterios sobre el trabajo colaborativo, especialmente en las clases de matemáticas, física y tecnología e informática. Por favor, para cada una de ellas indica el grado correspondiente con tus razones personales (señala el número apropiado).

Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
1	2	3	4

1.	Los miembros de mi grupo tienen habilidades que se complementan.	1	2	3	4
2.	En esta asignatura cada miembro del grupo se tiene que esforzar para ayudar al grupo a conseguir sus resultados.	1	2	3	4
3.	Los miembros del grupo poseen diferentes capacidades que facilitan la realización de la tarea.	1	2	3	4
4.	En esta asignatura, tenemos la oportunidad de compartir nuestras opiniones entre los miembros de grupo.	1	2	3	4
5.	Cuanto mejor haga su tarea cada miembro del grupo, mejores resultados obtiene el grupo.	1	2	3	4
6.	En nuestro grupo hay diversidad de opiniones que nos ayudan en el aprendizaje.	1	2	3	4
7.	En esta asignatura se promueve el respeto en las relaciones grupales.	1	2	3	4
8.	Esta asignatura me permite interactuar con mis compañeros/as de grupo.	1	2	3	4
9.	En esta asignatura, cuando trabajamos en grupo, tenemos que asegurarnos que todos aprenden.	1	2	3	4
10.	Los miembros del grupo somos diferentes en varios aspectos, lo cual nos enriquece.	1	2	3	4
11.	Esta asignatura favorece que podamos expresar libremente nuestros puntos de vista.	1	2	3	4
12.	En esta asignatura, la interacción con mis compañeros/as de grupo es necesaria para llevar a cabo la tarea.	1	2	3	4
13.	Cuando trabajamos en grupo nuestra calificación depende de cuánto han aprendido todos los miembros.	1	2	3	4
14.	En esta asignatura necesito la ayuda de mis compañeros de grupo para completar la tarea.	1	2	3	4
15.	Cuando trabajamos en grupo cada miembro tiene una tarea con la que contribuir.	1	2	3	4
16.	Cuando trabajamos en grupo no podemos completar una tarea a menos que todo el mundo contribuya.	1	2	3	4
17.	Cuando trabajamos en grupo se necesitan las ideas de todos para alcanzar el éxito.	1	2	3	4
18.	Cuando trabajamos en grupo tenemos que compartir materiales o información para completar la tarea.	1	2	3	4
19.	En esta asignatura nos comunicamos y compartimos información con los compañeros/as del grupo por distintos medios (presencial, virtual...).	1	2	3	4

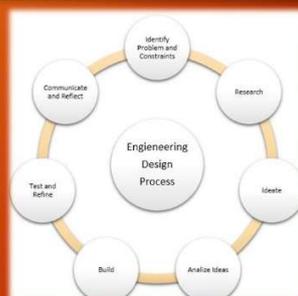
Apéndice D

Reto STEM



...El esfuerzo y la dedicación permiten alcanzar el éxito y que mejor manera si tenemos la complicitad de nuestros compañeros...

INGENIERÍA COMPONENTE INTEGRADOR

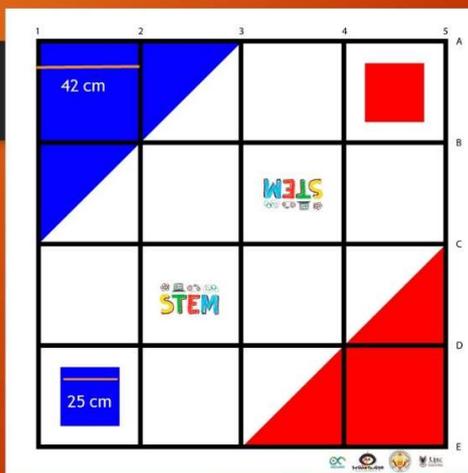


EL RETO “RACINGBOT-19”

Construir un móvil que pueda desplazar objetos a una zona indicada autónomamente y con un mando a distancia.



LA PISTA



LOS ELEMENTOS DE LA PISTA

Equipo Azul
7 pelotas de color amarillo
1 pelota de color azul

Pelota verde

Zona de puntuación

Equipo Rojo
7 pelotas de color blanco
1 pelota de color rojo

Punto de partida

EL ROBOT

- Debe medir max 25cm x 25cm x 25cm
- Máximo dos motores DC
- Máximo 2 servomotores
- Los cables deben ubicarse de forma ordenada para evitar enredos o desconexiones durante el funcionamiento del robot.
- En el modo auto debe localizar el objeto del color correspondiente más lejano y ubicarlo en la zona de puntuación. Para este punto tendrá un tiempo de 30 segundos y no debe sobrepasar una velocidad de 4 Km/h.
- En el modo controlado tendrá un tiempo de 1 minuto y 30 segundos, donde debe colocar la mayor parte de objetos en la zona de puntuación.



PUNTUACIÓN

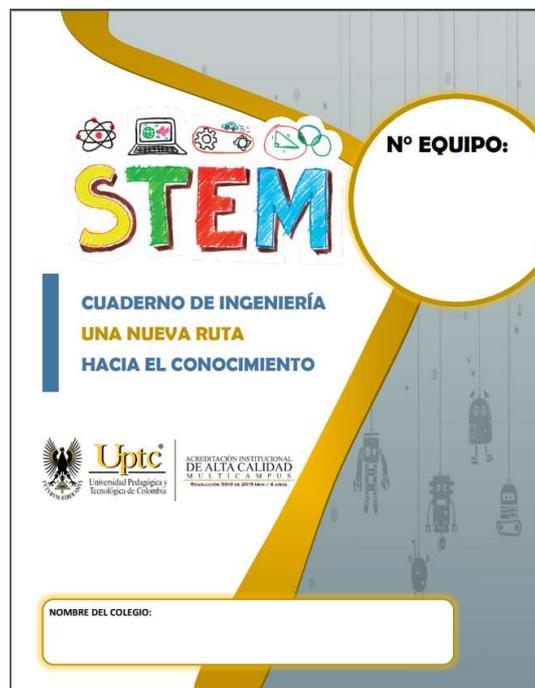
- El robot que logre llevar el objeto en modo autónomo a la zona de puntuación correspondiente sumará 10 puntos.
- En caso de empate en el modo autónomo ganará los puntos el robot que llegue primero.
- En el modo controlado las pelotas azules o blancas ubicadas en la zona de puntuación sumarán 5 puntos.
- El equipo azul recogerá las pelotas amarillas y el equipo rojo las blancas.
- Si hay pelotas del color opuesto al asignado en la zona de puntuación se restarán 5 puntos.
- La pelota roja o azul sumará diez puntos y debe encontrarse dentro de la zona de puntuación del color correspondiente.
- La pelota verde sumará 15 puntos y serán otorgados acorde al color de la zona de puntuación que se encuentre.
- No hay restricciones del robot para recorrer la pista a menos que intencionalmente intente realizar algún daño al robot oponente.
- Al terminar el tiempo de la competencia 2 minutos, se realizará la sumatoria de los puntos y se determinará al ganador.

LOS CRUCES



Apéndice E

Cuaderno de Ingeniería

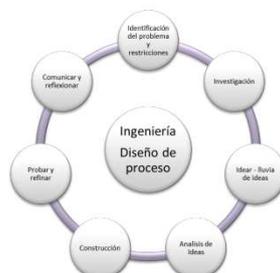


NUESTRO CUADERNO DE INGENIERÍA

Cada proyecto requiere una serie de pasos para resolver un determinado problema. Es así, que en este cuaderno encontrarás la estructura de diseño ingenieril para registrar todas tus ideas.

Contará con 8 secciones diferentes caracterizadas por un color con un orden sugerido. En ocasiones podrás completar información de una sección diferente en la que te encuentres.

A continuación te presentaremos cada sección:



Título
6. Probar y Refinar

Página:
#

El rendimiento del prototipo se evaluará y probará experimentalmente en todas las condiciones posibles. En este punto se debe llevar un registro, videos, notas, fotos que evidencien aciertos o fracasos durante el proceso de ejecución de la idea inicialmente desarrollada. Agregue cada cambio realizado hasta obtener un resultado óptimo.

Diseñado por: _____ Fecha: _____

INFORMACIÓN PROPIETARIO
 Toda la información contenida pertenece al propietario y es de uso exclusivo del diseñador.

Título:
Mi boceto de Insecto Robot

Página:
04

Continúa desde la página # 03

Mi prototipo está compuesto por dos motores que controlan las extremidades de cada lado, funcionando de manera asincrónica porque los motores trabajan de forma independiente. Se hace necesario la presencia de un mecanismo que permita la activación de las brazos sincronizados. Dichas extremidades se encuentran unidas al arbolito que hace parte de uno de los piñones.

Piñon

Circulo del engranaje $C = 2\pi R^2$
 $\sqrt{\frac{C}{2\pi}} = R$

Diseñado por: David Santiago Melo Fecha: 8/10/18

INFORMACIÓN PROPIETARIO
 Toda la información contenida pertenece al propietario y es de uso exclusivo del diseñador.

Uptc
 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL DE ALTA CALIDAD
 M U L T I C A M P U S
 REGULACIÓN 3910 DE 2015 MEN / 6 AÑOS

TECHEDUCO

POR: DAVID SANTIAGO MELO NIÑO

Apéndice F



RUBRICA PREMIO DE DISEÑO

Equipo: _____

Jurados: _____

Cuaderno de Ingeniería: El cuaderno...				
Criterio	Experto (3 Puntos)	Competente (2 Puntos)	Emergente (1 Punto)	Puntos
Proceso de Diseño: Reto	Describe el reto en el comienzo del libro con palabras e imágenes y establece las metas del equipo hacia el logro el reto.	Identifica el reto al principio del cuaderno.	Omite identificar claramente el reto.	
Proceso de Diseño: Lluvia de ideas	Genera una lista amplia de posibles propuestas para el reto con diagramas etiquetados.	Proporciona una lista amplia de posibles propuestas para el reto.	Contiene una muy corta lista o no lista los resultados de las sesiones de lluvia de ideas.	
Proceso de Diseño: Selección enfoque	Explica por qué la propuesta seleccionada fue escogida y porqué las otras alternativas no fueron escogidas.	Explica por qué la propuesta seleccionada fue escogida.	No documenta porqué el equipo seleccionó la propuesta que hizo.	
Proceso de Diseño: Construye y Programa	Registra el proceso de programación y construcción en tal detalle que alguien fuera del equipo podría recrear el robot al seguir los pasos del cuaderno.	Documenta los pasos claves en el proceso de programación y construcción del robot.	Parece saltarse algunos pasos importantes en el proceso de construcción y programación del robot.	
Trabajo en Equipo: Contribuciones	Estudiantes explican cómo cada miembro del equipo contribuyó al diseño y la estrategia.	Estudiantes explican cómo algunos miembros del equipo contribuyeron al diseño y la estrategia.	Estudiantes explican cómo solo 1-2 miembros contribuyeron al diseño y estrategia.	
Trabajo en Equipo	Proporciona evidencia que todos los miembros del equipo fueron constantemente involucrados en el proceso, que los miembros del equipo se dirigen por sí mismos para terminar lo que necesita ser hecho y que todos los miembros equipos constantemente compartieron ideas y considerada respetuosamente cada entrada de cada una.	Muestra que todos los miembros del equipo fueron involucrados en el proceso, que se podía contar con los miembros del equipo porque hicieron lo que debían y que el equipo completo compartió ideas y apoyó las ideas de otros.	Sugiere que tal vez algunos miembros del equipo hicieron más o todo el trabajo, que uno o más personas tenían que ser regañadas o recordarles hacer su trabajo, y/o algunos miembros no aportaron idea o sus ideas no fueron consideradas.	
Entrevista Estudiantes y Discusión: Durante la entrevista...				
Entrevista: Contribuciones Individuales	Todos los estudiantes responden de manera independiente las preguntas de los jueces.	Estudiantes se apoyan mutuamente cuando es necesario para responder a las preguntas de los jueces.	Estudiantes dependen de uno o dos miembros del equipo para responder todas las preguntas.	
Entrevista: Profesionalismo	Los estudiantes presentan sus respuestas de una manera respetuosa y cortés a los jurados y a otros miembros del equipo, asegurándose de que cada miembro del equipo tiene la oportunidad de contribuir a la espera de hablar hasta que la otra persona ha terminado.	Estudiantes presentan sus respuestas de una forma respetuosa y cortes a cualquiera de los miembros de los equipos O los jueces.	Estudiantes no se presentan de una manera respetuosa o cortés.	
		Total del número de puntos ganado en Entrevista Estudiantes y Discusión:		
		Total del número de puntos ganados en el Cuaderno:		
		Total del número de puntos combinados:		

Apéndice G

Experiencia STEM

El desarrollo y aplicación del modelo tuvo una duración aproximada de 6 meses empezando por agregar la instrucción de tecnología dentro del área de informática en los dos grupos. Durante el tercer periodo académico se les proporcionó la información correspondiente (grupo control y experimental) sobre el estudio que se iba a realizar y la aplicación de los pre-test (figura 5).



Figura 5. Presentación pre-test conocimiento grupo control

En el grupo experimental se implementó la misma dinámica del pre-test para la medida de las variables de estudio y en un segundo momento se planteó el challenge a resolver con las respectivas restricciones de tiempos y materiales (Apéndice D). Para este grupo se programaron espacios académico voluntarios en jornada contraria a la habitual. En un primer momento la asistencia fue mínima, pero con el transcurrir de las sesiones la asistencia fue masiva (Figura 6), aclarando que en ningún momento se involucró los

resultados académicos como estrategia para convocar y hacer efectiva la asistencia en las mencionadas jornadas.



Figura 6. Trabajo docente-estudiantes en jornada complementaria. Ajuste en los diseños de los robots y cuaderno de ingeniería para registrar el proceso

Para el cierre con el grupo experimental se organizó un evento de un día completo donde los grupos conformados desde el inicio de la propuesta realizaron una feria STEM compuesta por stands, libros de ingeniería, colegios y personas invitadas como el SENA y la alcaldía municipal, y en el centro del evento una pista y la robótica presentes (Figura 7).



Figura 7. Actividad de cierre proyecto STEM en robótica

Para el evento de robótica se realizó una competencia por eliminatorias que necesariamente respondía al reto inicial de la propuesta. La premiación no fue solo para el

ganador de la actividad, se realizó para todos los estudiantes reconociendo el esfuerzo y dedicación al desarrollo del proyecto.

Apéndice H

Desarrollo libro de ingeniería

En la propuesta STEM se requería en una de las fases de ingeniería es proceso de comunicar y reflexionar lo trabajado (Morgan et al., 2013). Para ello se implementó el diseño de un cuaderno de ingeniería que contenía en su interior las divisiones específicas de diseño para resolver el reto inicialmente propuesto.

Para evaluar el libro se solicitó a dos docentes del área de ciencias (química-biología) y el docente investigador (tecnología e informática) determinar el grado de desarrollo obtenido por los estudiantes. Se aplicó una rúbrica que solicitaba información directamente del libro y otra parte que dependía de preguntas realizadas directamente a los integrantes de los grupos (Apéndice F).

Uno de los componentes destacados dentro del proceso de diseño fue el de lluvia de ideas, que en su mayoría sirvió de referente para el desarrollo posterior del proyecto (Figura 8).

¿Cómo lo voy a realizar?	Materiales	Tiempo	Total
Una pelota Una pelota con los soportes que pesen harapan los esferas.	2 soportes Tornillos	1 hora	3
Un objeto que pueda llegar las pelotas es diferente diseño	Una pelota Tornillos	1 hora	3
La goma Es un soporte con 3 o 4 soportes que puedan llevar las pelotas.	El soporte - Los bridas - Tornillos o - Alambre	1 hora	3
El soporte pelotas Es una base que va en el piso y que soporte las pelotas.	La base - Tornillos - Tornillos	1 hora	4
Pinza tipo C La pinza en forma de una horquilla y pelotas que que al moverse puede	Pinza tipo C - Soporte	1 hora	4

Figura 8. lluvia de ideas desarrollado por un grupo de estudiantes del grupo experimental

Así mismo el análisis de las ideas más viables sumado a los cálculos matemáticos correspondientes dieron paso a soluciones más tangibles respecto a las limitaciones de recursos y tiempo con la que disponía, logrando el éxito del desarrollo del proyecto (Figura 9).

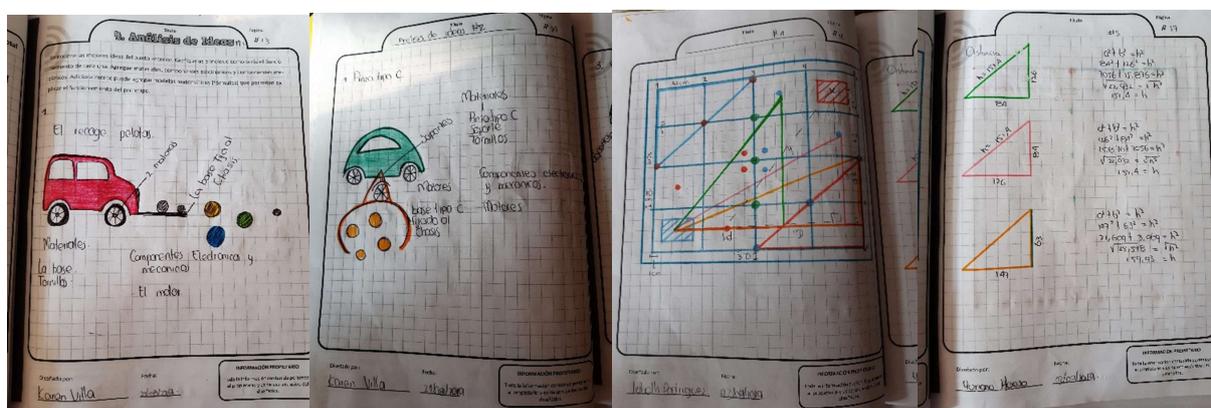


Figura 9. Proceso de análisis de ideas y cálculos matemáticos que resuelven un problema de distancia por medio del teorema de Pitágoras

Por último se registra el proceso de construcción y de refinamiento de la idea a desarrollar (Figura 10). Todo este proceso de registro cumple el objetivo de la implementación de la instrucción de ingeniería que con el carácter de diseño fue el eje integrador de las asignaturas. El rol del docente fue de acompañar y realizar preguntas acordes a las situaciones que se iban presentando, la mayoría de los problemas resueltos fueron técnicos generados por el material de uso.

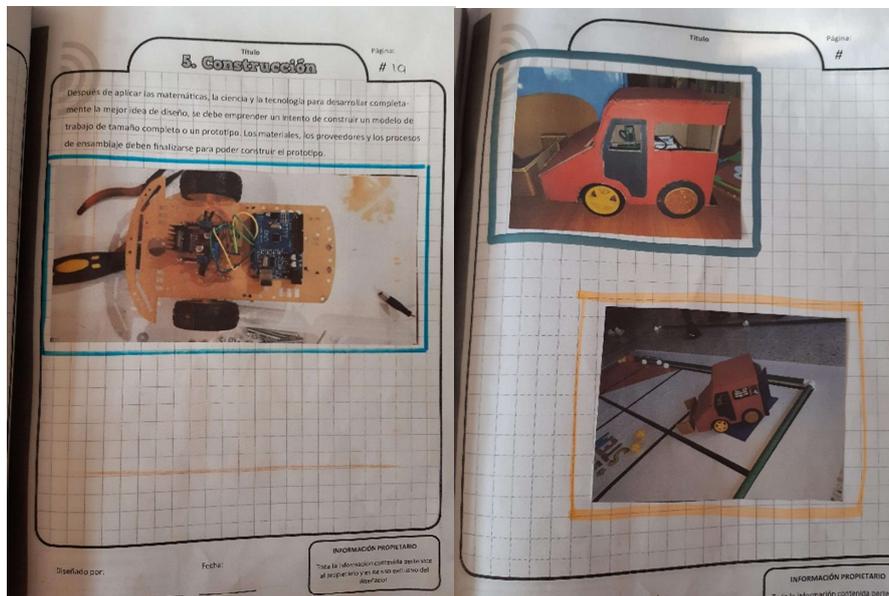


Figura 10. Registro del proceso de construcción y refinamiento de las ideas para elaborar un producto final

Apéndice I

Desarrollo de la programación del robot

Aparte del diseño físico del robot se desarrolló la programación para su funcionamiento. Esta se desarrolló en tres etapas, acorde al nivel de inmersión de la instrucción de tecnología en el currículo.

La primera parte correspondió al desarrollo de programas por bloques en el programa mblock diseñado para comprender el funcionamiento con el sistema embebido Arduino Uno (comprender las funciones primarias de sus puertos de entrada y salida).

La programación por bloques fue útil para desarrollar en segunda instancia la de la app (figura 11 y 12) necesaria para controlar el robot.

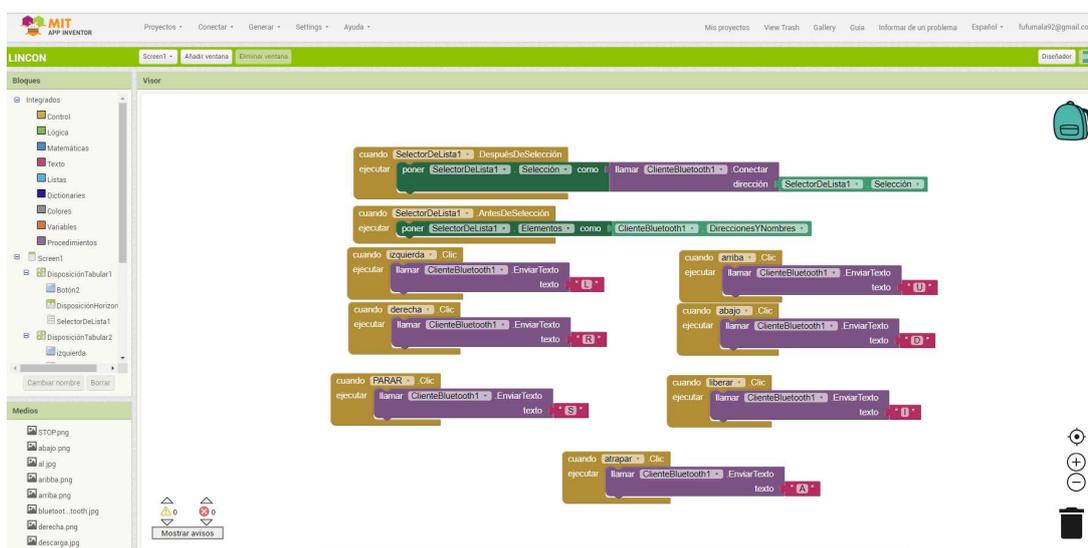


Figura 11. Desarrollo de la programación por bloques para la aplicación de control del robot. Desarrollado en la plataforma app inventor 2



Figura 12 En la parte izquierda estudiantes desarrollando la interfaz gráfica de la app. En la parte derecha captura de pantalla de la app finalizada

Finalmente, durante el proceso de programación del robot en el sistema Arduino, se decidió realizar el código en el software suministrado por la misma empresa y se enlazo con la codificación desarrollada en la app.

Apéndice J

Comunicar y reflexionar

Uno de los elementos finales del proceso de ingeniería requería divulgar la experiencia, en esta oportunidad del grupo experimental cuatro estudiantes fueron elegidos para participar en una feria STEM organizada por el colegio Marie Curie del Municipio de Mosquera.

En este lugar los estudiantes compartieron la experiencia de robótica con otros colegios compartiendo el proceso de diseño mediante el libro de ingeniería (Figura 9) y realizando una demostración del robot. Como resultado final el grupo obtuvo un reconocimiento como mejor proyecto STEM exaltando la labor del grupo de estudiantes (Figura 11).



Figura 13. Reconocimiento de la feria STEM realizada en el colegio Marie Curie del municipio de Mosquera