MÓDULO STEM DIRIGIDO A ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA

SISTEMA DE APRENDIZAJE INTERACTIVO DE *MATEMÁTICAS, CIENCIAS E INGENIERÍA* APLICADO A EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA EN COLOMBIA

Ángela María Avendaño Ramírez
am.avendano199@uniandes.edu.co

Asesor: Ismael Mauricio Duque

Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia
2014

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO **4**

INTRODUCCIÓN **7**

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN **9**

MARCO TEÓRICO **10**

STEM 10

EDUCACIÓN EN COLOMBIA 11

Generalidades *11*

Estándares matemáticos *12*

Problemática *12*

Pruebas Nacionales e Internacionales *14*

ROBOTS EDUCATIVOS 16

Lego Mindstorms *17*

FischerTechnik *17*

Múltiplo *18*

VEX Robotics *19*

LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 20

Generalidades *20*

Casos de estudio *21*

METODOLOGÍA **23**

SOLUCIÓN PLANTEADA **27**

GENERALIDADES 27

DESARROLLO 29

RESTRICCIONES INICIALES 31

APRENDIZAJES 34

CONCLUSIONES **35**

BIBLIOGRAFÍA **37**

ANEXOS **42**

ANEXO 1: ESTÁNDARES MATEMÁTICAS Y CIENCIAS 42

ANEXO 2: ESTADO ACTUAL DE LA EDUCACIÓN 42

ANEXO 3: CALIDAD DOCENTE SEGÚN DIMENSIONES DEL MARCO COMPARTIR 43
ANEXO 4: RESULTADOS DE PRUEBAS 44
ANEXO 5: RESULTADOS PISA Y EQUIDAD EDUCATIVA 46
ANEXO 6: SENSORES INCLUIDOS EN EL KIT LEGO 46
ANEXO 7: DOCUMENTOS DE APOYO PARA DOCENTES Y ESTUDIANTES 47

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto "*Modulo STEM dirigido a estudiantes de básica secundaria"* busca brindar a estudiantes y profesores de educación básica secundaria una propuesta tecnológica que permita mayor comprensión de temas relacionados con matemáticas y ciencias, utilizando a su vez conceptos relacionados con ingeniería, a fin de aumentar el interés de los estudiantes desde etapas muy tempranas en áreas relacionadas con STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en ingles), y así mismo asegurar una mejor calidad en la educación en pro de desarrollar competencias y con esto obtener mejores resultados en el área de matemáticas en pruebas nacionales e internacionales. Para esto, inicialmente se realiza una investigación acerca de STEM, base de este trabajo, para centrarnos a continuación en la actualidad de la educación en Colombia, los temas estudiados en matemáticas en los grados sexto a noveno y en las áreas de conocimiento relacionadas, como son física y ciencias naturales; los resultados obtenidos en pruebas nacionales e internacionales por estudiantes de dichos grados y por último, experiencias del uso de robots educativos, más específicamente herramientas Lego en educación durante los últimos años.

La educación STEM es una corriente educativa que plantea un cambio en el sistema de enseñanza en las aulas de clase, dando prioridad a la integración de ideas y conceptos asociados con la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas. El módulo que se desarrollará a lo largo de este proyecto está dirigido a estudiantes de grados sexto a noveno y supone la unión de ingeniería, tecnología, ciencias y matemáticas, partiendo de los temas que los estudiantes deben aprender según lo dispuesto por el Ministerio de Educación [1] en cuanto esta última se refiere; esperando que en un futuro el sistema se pueda replicar para dirigirlo a estudiantes de grados superiores e inferiores. Estos temas se encuentran definidos en los estándares de matemáticas para dichos grados e incluyen estadísticos descriptivos, diagramas de árbol y experimentos aleatorios, entre otros.

Buscando dar énfasis en estas áreas del conocimiento, se han desarrollado diferentes plataformas tecnológicas que incluyen hardware y software, y han servido como herramientas de apoyo en el aula para el fortalecimiento de esta corriente educativa. Entre estas encontramos los kits educativos de LEGO, los cuales tienen como ideología que los niños construyen el conocimiento por ellos mismos a través de juegos y actividades, noción basada en

las teorías constructivistas que aseguran que "jugar puede contribuir a la creación de nuevos conocimientos, partiendo del conocimiento que los estudiantes ya han adquirido" [2], es así que cuando los niños trabajan en áreas que les interesan, se motivan y actúan como científicos o inventores teniendo un contacto mas directo con los conceptos que cada área comprende; esto es muy importante ya que en la educación tradicional el estudiante juega el papel de receptor sin participar en la construcción del mismo.

Con el fin de encontrar los métodos más adecuados para profundizar y enfatizar en áreas STEM, se realizó una investigación basada en fuentes primarias y secundarias, como entes gubernamentales, universidades e investigaciones anteriores contenidas en bases de datos especializadas; a partir de estas se logró definir los temas de mayor importancia en el área de matemáticas, así como algunas problemáticas existentes en la actualidad en la educación en Colombia y casos en los que se han aplicado tecnologías Lego en el aula; todo esto con el fin de desarrollar un módulo apropiado para las necesidades de los estudiantes y docentes, buscando siempre un bajo costo, un alto grado de interactividad y sencillez. Lo anterior conlleva al cumplimiento de uno de los objetivos de este trabajo *Identificar los principales temas que se estudian en grados 6 a 9, relacionados con el aprendizaje efectivo en el área de matemáticas.*

Una vez recolectada la información necesaria, es posible afirmar que la calidad de la educación en Colombia no se ha visto favorecida por el aumento de la cobertura, evidencia de esto son los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas tanto a nivel nacional como a nivel internacional, en las cuales se han obtenido resultados mínimos o insuficientes en un alto porcentaje, ubicando a Colombia en pruebas internacionales muy por debajo del promedio [3]. Siendo *probabilidad y estadística* uno de los temas presentes en todas las pruebas, y un tema de gran aplicabilidad en el día a día, será el tema en el que nos enfocaremos en cuanto a matemáticas, buscando no solo fortalecer los conocimientos en esta área sino a su vez aplicar conceptos de ingeniería mediante el uso de la tecnología, consiguiendo de esta manera fortalecer las bases de la educación STEM.

Con el propósito de *buscar estrategias de enseñanza en las cuales tanto el profesor como el estudiante tengan participación activa, llevando a que el estudiante se interese por el tema visto y entienda como aplicarlo en su diario vivir*, se realiza el siguiente paso del proceso de investigación, el cual consiste en la revisión de trabajos que se han elaborado hasta el día de hoy en STEM y que han tenido éxito, que puedan servir como base para el desarrollo de este

proyecto. Es así como los robots LEGO Mindstorms se presentan como una herramienta didáctica para enseñar a los estudiantes conceptos básicos no solo de programación, sino también de ciencias, matemáticas e ingeniería, mediante diferentes actividades y juegos.

Al finalizar, este trabajo entregará una propuesta de enseñanza mediante una secuencia de guías tanto para el profesor como para los alumnos, aplicable a instituciones educativas de Colombia, en pro de impulsar el interés de los alumnos. Este programa debe cumplir con los requisitos inicialmente mencionados: tener un alto grado de interactividad, no solo por parte de los alumnos sino también por parte de los profesores; sencillez y bajo costo. Los temas que se incluyen en las guías comprenden las áreas de matemáticas, física e ingeniería, y tienen como referencia los logros estipulados por el Ministerio de Educación.

INTRODUCCIÓN

"Tenemos un problema real con la actual formación en matemáticas. Básicamente nadie está contento. Los que la aprenden creen que es algo aislado, difícil y sin interés; los que tratan de aplicarla creen que no saben lo suficiente; los gobiernos se dan cuenta de que es algo bueno para la economía pero no saben como adecuarla; y los maestros también están frustrados. Sin embargo las matemáticas son ahora aun más importantes para el mundo que en cualquier otro momento de la historia. Entonces por un lado tenemos el interés decreciente por la educación en matemáticas y por el otro un mundo más matemático…" [4]

Lo anterior es únicamente uno de los problemas que atraviesa la educación en estos momentos, pero no sólo las matemáticas preocupan al gobierno sino también todas las áreas relacionadas con STEM, ya que en el transcurso de los años se ha observado una cantidad decreciente de alumnos que optan por estas áreas a la hora de elegir su carrera. En Colombia específicamente, se ha encontrado que un 31.3% de los estudiantes que terminan una carrera profesional lo hacen en áreas relacionadas con economía, administración y contaduría, mientras que el 23.7% se relaciona con ingenierías, urbanismo, arquitectura y afines; y tan solo el 1.6% de los títulos corresponden a ciencias básicas [5]. Adicionalmente la deserción de la educación es bastante preocupante en áreas de ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines: "uno de cada dos estudiantes que ingresa no se gradúa; uno de cada cinco se retira en primer semestre o emigra hacia otras áreas" [6].

En Estados Unidos ocurre un fenómeno similar, donde el 38% de los estudiantes que inician una carrera relacionada con STEM la abandona [7]; y mientras la demanda de fuerza laboral en estas áreas ha aumentado en un 30% desde 2002, el porcentaje de estudiantes que han mostrado interés en estas áreas ha sido prácticamente constante en el mismo periodo. Según el "Department for Professional Employees" [8], en Estados Unidos durante los últimos cinco años, ha existido una estancamiento e incluso un ligero decrecimiento en el porcentaje de trabajadores en dichas áreas, como es el caso de ingenierías que ha tenido una disminución promedio del 27% y las ciencias naturales con una disminución del 24%, frente a un 4.8% en medicina. Así mismo, de acuerdo al U.S Bureau of Labor Statistics [9], la cantidad de estudiantes que poseen rendimiento y habilidad en áreas STEM durante la educación primaria ha

disminuido, más aun, preocupa el hecho de que los estudiantes van perdiendo interés, habilidad y dominio en áreas STEM a medida que crecen e ingresan a la escuela media y a la universidad.

Es así como nace el interés por realizar este trabajo, que tiene como objetivo principal *brindar a estudiantes y profesores de educación básica secundaria una propuesta tecnológica que permita una mayor comprensión de temas relacionados con matemáticas y ciencias, utilizando a su vez conceptos relacionados con ingeniería, para de esta manera aumentar el interés de los estudiantes desde etapas muy tempranas en áreas relacionadas con STEM*. La educación es la base de cualquier país, no solo porque es un derecho fundamental de todos los seres humanos, sino también porque se ha demostrado que la educación va de la mano con la competitividad [10]; específicamente, la educación STEM aumenta su grado de importancia, ya que como asegura el "National Science Foundation", cerca del 80% de los trabajos que se demandarán a futuro requerirán habilidades en ciencia y matemáticas [11].

En Colombia, el gobierno no ha implementado políticas de Estado dirigidas a estos temas, aun cuando los resultados obtenidos en pruebas como PISA y TIMSS, en las cuales participan alrededor de 65 países, muestran que el fortalecimiento de áreas como matemáticas debe ser un asunto de preocupación nacional en el caso colombiano específicamente; por el contrario, los esfuerzos del Estado han estado direccionados en reducir brechas educativas entre sectores rurales y urbanos, y entre educación publica y privada, mediante programas como *Todos A Aprender, Colombia Aprende y Colombia libre de Analfabetismo*, los cuales buscan reducir las marcadas diferencias y facilitar el acceso a la educación a toda la población colombiana. Por lo tanto, la necesidad de implementar soluciones y metodologías que permitan cambiar los actuales esquemas de educación, e incrementar y fortalecer la educación STEM está latente, teniendo claro que el buen desarrollo de ésta permitiría incrementar niveles de productividad y competitividad en el país, como lo asegura The National Science Foundation, "En el siglo 21, las innovaciones científicas y tecnológicas se han convertido en algo cada vez más importante a medida que enfrentamos los beneficios y desafíos de la globalización y una economía basada en el conocimiento. Para tener éxito en esta nueva sociedad altamente tecnológica basada en la información y el conocimiento, los estudiantes necesitan desarrollar sus capacidades en STEM a niveles mucho más allá de lo que se consideraba aceptable en el pasado " [11]

Partiendo de la hipótesis de que la educación en Colombia en áreas como matemáticas necesita especial atención y una mayor participación de los estudiantes para lograr que el grado de interés por parte de los alumnos aumente, el estudio aquí realizado se basa en una investigación cualitativa acerca de la actualidad de la educación en Colombia, los resultados obtenidos por estudiantes de grados sexto a noveno en pruebas nacionales e internacionales y la revisión de proyectos existentes en las áreas relacionadas con STEM que puedan servir como referencia para el desarrollo del módulo.

Dicho módulo se desarrolló mediante el uso de herramientas LEGO y consta de una serie de guías de apoyo tanto para docentes como para alumnos, que buscan afianzar conceptos de ingeniería, física y matemáticas mediante el uso de la tecnología. Este material permite formar sesiones de clase más participativas y donde el descubrimiento de nuevos fenómenos estará en manos de los estudiantes.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La educación en Colombia ha sufrido por décadas de las consecuencias de las diferencias sociales, económicas y la guerra misma, haciendo que unos tengan más posibilidades y mayor acceso a lo que debería ser un derecho fundamental estipulado en la Constitución. Al analizar la educación a nivel nacional y global, así como su alta incidencia en la competitividad de un país, se puede determinar que existe una gran necesidad de rediseñar, a fin de mejorar el sistema educativo y el enfoque que se le da a la enseñanza que se imparte actualmente en los centros educativos, pasando de una enseñanza tradicional centrada en el profesor y en la cual los estudiantes simplemente se limitan a escuchar y memorizar formulas, a una enseñanza activa, en la cual tanto profesores como estudiantes tengan la misma participación.

Por su parte, la educación STEM, que comprende las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, ha sufrido de una baja en la cantidad de estudiantes que optan por éstas al momento de elegir su carrera; lo anterior es preocupante, ya que en la actualidad la demanda por personal capacitado en estas áreas ha aumentado en un 30%, y se espera que a futuro el 80% de los trabajos requieran habilidades en ciencias y matemáticas [11]. Es así como surge la necesidad de buscar métodos alternativos y complementarios de enseñanza que no

sólo aseguren una mejor educación en el país sino que además ayude a reactivar el interés por dichas áreas.

MARCO TEÓRICO

STEM

El programa STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en ingles) fue iniciado con el fin de revolucionar la educación básica en áreas como ciencia y matemáticas mediante la incorporación de tecnología e ingeniería en el programa regular de estudio [12]. Sí bien, aun no se tiene claridad acerca de las áreas que se incluyen en el modelo, en la mayoría de los estudios realizados se han incluido áreas como ciencias naturales (sin medicina), matemáticas, estadística, computación e ingeniería. Una de las ideas propuestas, ha sido modificar el método de enseñanza actual, el cual se centra en el profesor, y convertirlo en un aprendizaje colaborativo, en el cual, a partir de problemas se buscan soluciones, exigiendo la participación activa de los estudiantes.

De esta manera, la nueva corriente educativa, afirma que las cuatro áreas de conocimiento no se deben separar como si cada una fuera un todo, sino que se deben integrar, de manera que la tecnología sirva como apoyo a las otras tres; buscando impulsar la creatividad y la innovación para solucionar problemas reales mediante los conocimientos adquiridos en el salón de clases [12]. Mucho se ha estudiado acerca de esta corriente durante los últimos años, buscando los principales elementos que se deben tener en cuenta para la enseñanza de STEM, entre estos se debe tener como mínimo lo siguiente: integrar la tecnología, integrar diferentes disciplinas tanto de STEM como otras que no se incluyen en este campo, presentar problemas de la vida real, y por último, basarse en la realización de proyectos conformados por varias actividades [13].

Como ya se mencionó, en Colombia la educación STEM no ha sido desarrollada como política de Estado (a diferencia de Estados Unidos), sino que se ha ido trabajando principalmente como iniciativa de diferentes grupos de investigación y universidades, en Bogotá, por ejemplo, se pueden mencionar la Universidad de los Andes y la Universidad Minuto de Dios; la primera mediante el programa *Pequeños Científicos* busca “promover y contribuir al mejoramiento de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, la tecnología e ingeniería entre los

niños, niñas y jóvenes colombianos, a través de actividades de indagación y de diseño tecnológico realizadas por los estudiantes con la orientación del maestro, en un marco de aprendizaje cooperativo y de estándares de calidad internacionales" [14], no solo a nivel Bogotá, sino también en regiones como Risaralda, Caldas, Tolima, Antioquia, Bolívar y Valle del Cauca. Por su parte, la Universidad Minuto de Dios ha lanzado el proyecto conocido como *Parque Científico de Innovación Social* en el cual buscan "formar capital humano que pueda desarrollar la economía de un país, esperamos que los niños sean capaces de formarse en competencias que active sus ganas de aprender y de esa manera solucionar problemas de su entorno local", para de esta manera fortalecer la enseñanza de la matemáticas, ciencias e innovación a través de la robótica aplicada [15].

EDUCACIÓN EN COLOMBIA

GENERALIDADES

La educación en Colombia se concibe, según la Constitución, como un derecho de la persona, y por tanto corresponde al Estado regular y ejercer inspección y vigilancia respecto del mismo con el fin de velar por su calidad, por el cumplimiento de sus fines y por la mejor formación moral, intelectual y física de los alumnos. También se establece que debe garantizar el adecuado cubrimiento del servicio y asegurar las condiciones necesarias para su acceso y permanencia en el sistema educativo [16].

El sistema educativo colombiano está conformado por: la educación inicial, la educación preescolar, la educación básica (primaria cinco grados y secundaria cuatro grados), la educación media (dos grados), y la educación superior. Adicionalmente se conocen la educación formal y la no formal, esta última no conduce a grados ni títulos y tradicionalmente ha sido función del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) y de otras instituciones de índole privado autorizadas por el Estado.

En cuanto a la forma y el contenido de cada área de estudio están definidos por los estándares académicos, los cuales dictan "lo mínimo que el estudiante debe saber y ser capaz de hacer para el ejercicio de la ciudadanía, el trabajo y la realización personal. El estándar es una meta y una medida; es una descripción de lo que el estudiante debe lograr en una determinada área, grado o nivel; expresa lo que debe hacerse y lo bien que debe hacerse" [17]. Tras

establecerlos, el Gobierno pretende lograr la equidad en la educación privada y pública, rural y urbana. Dichos estándares, están distribuidos en cinco conjuntos de grados, para efectos de esta investigación, nos centraremos en los grados sexto a noveno, teniendo como principal insumo los estándares de matemáticas, pero sin dejar de lado los estándares en ciencias, pues de ésta manera se podrán abarcar casi en su totalidad las áreas STEM.

ESTÁNDARES MATEMÁTICOS

La forma y contenido definidos para la enseñanza de matemáticas están expresos en el documento "estándares básicos de competencias en matemáticas", asociando cada uno de los estándares con los cinco tipos de pensamiento: matemático, numérico, espacial, métrico, aleatorio y variacional. Así mismo, cada estándar se enfoca en alguno(s) de los procesos generales de la actividad matemática, como son: formular y resolver problemas; modelar procesos y fenómenos de la realidad; comunicar; razonar; formular, comparar y ejercitar procedimientos y algoritmos [18].

Para los grados de interés (sexto a noveno) el Ministerio de Educación define una amplia gama de logros los cuales serán tenidos en cuenta para el desarrollo del estudio, encontrando temas como geometría (áreas, volúmenes y superficies); raíces, potencias y logaritmos; probabilidad (media, mediana, moda, graficas y distribuciones); álgebra (casos de factorización). Estos pueden ser examinados en detalle en el Anexo 1 del presente documento.

PROBLEMÁTICA

La educación se ha convertido en un eje fundamental para Colombia, así como para otros tantos países, ya que se he demostrado que una mejor educación puede traer beneficios en la economía del país, debido a que, como cualquier inversión, trae retornos que son crecientes con el monto de la inversión; así mismo, la educación permite procesos productivos con mayor nivel de complejidad y valor agregado, un mayor nivel de educación produce mayor crecimiento y, por consiguiente, menor pobreza en general [19]. Es así como se ha pasado de un presupuesto de 27.3 billones de pesos en 2014 a 28.9 billones de pesos para 2015, siendo además la cartera con mayor asignación presupuestal [20]. Sin embargo, con el paso de los años se ha visto que esta cartera en su mayoría se destina a aumentar la cobertura (teniendo una cobertura neta cercana al 89% y una cobertura bruta un poco mayor al 100%, lo cual demuestra que los avances más importantes se dieron en los casos de rezagos educativos, ver Anexo 2) y

no a mejorar la calidad, por lo que los problemas que ha atravesado la educación continúan presentes, la baja calidad de los docentes, la falta de pertinencia, la ausencia de formación en ingles y tecnología, son tan solo unos de los problemas que permiten ver que se debe hacer algo en este campo y se desglosan a continuación.

1. Baja calidad de los profesores: La carrera oficial de docente en Colombia se rige bajo dos normas, una que tiene mas de 35 años "el estatuto antiguo", por el cual se impide la evaluación y obliga a que el salario de un maestro no se determine por sus capacidades sino por su antigüedad; mientras que el "nuevo estatuto" establece que a los maestros se les paga según su calidad y su desempeño, el problema es que la mayoría de profesores pertenece al estatuto antiguo, haciendo imposible establecer si es un buen maestro o no mediante evaluaciones, sino que asume que a mayor antigüedad será un mejor docente, lo cual no siempre es cierto [21].

2. Falta de pertinencia: Los estudiantes están aprendiendo cosas que no les sirven para la vida, y así mismo, la oferta de mano de obra y la demanda de la misma no están yendo por el mismo camino, es decir, los jóvenes no están estudiando lo que las empresas colombianas requieren, lo cual contribuye al desempleo y a la perdida de competitividad.

3. Tecnología: Sin duda alguna son dos ítems de gran importancia en un mundo globalizado, donde tenemos que competir con las más grandes economías. En las pruebas PISA (de las cuales se hablará más adelante), se demostró que el 70% de los estudiantes que presentaron el examen están por debajo de los niveles mínimos en tecnologías de información; mientras que en una prueba similar realizada en Colombia llamada "Encuesta de alfabetización digital" se pudo ver que tan solo el 39% de los encuestados tienen un buen manejo de las tecnologías de información (Anexo 2) [21].

Ahora bien, según el último informe de la fundación Compartir [22], la mayor preocupación se encuentra en el tema de calidad del docente, ya que este factor contribuye más que cualquier otro insumo escolar a explicar diferencias del desempeño; se estima que "sí en Estados Unidos se logrará reemplazar entre el 5% y el 10% de los peores maestros por otros de calidad promedio, el país obtendría puntajes en las pruebas PISA comparables a los de Canadá y Finlandia" [22], lo anterior teniendo en cuenta que Finlandia y Canadá se situaron en las posiciones 12 y 13 respectivamente, mientras que Estados Unidos se ubicó en el puesto 36

del ranking de la OECD[1]. En Colombia, el principal problema comparado con países que se encuentran en el ranking más alto de las pruebas PISA, es que no se logra atraer a los mejores bachilleres a carreras relacionadas con pedagogía, lo cual se evidencia al estudiar los resultados de las pruebas SABER 11 de quienes ingresan a estas carreras, quienes en general obtienen los peores resultados en competencias de escritura, razonamiento cuantitativo y competencias ciudadanas. Una de las razones para que lo anterior sea característico en el sistema educativo colombiano es la baja remuneración, ya que si bien es una profesión que en general da una sensación de estabilidad, no posee el status que debería tratándose de una profesión que da herramientas a las futuras generaciones (ver anexo 3).

PRUEBAS NACIONALES E INTERNACIONALES

Existen diferentes pruebas tanto nacionales como internacionales que permiten realizar un diagnostico aproximado de la calidad de la educación comparando el desempeño de los estudiantes de los diferentes países participantes. Internacionalmente existen estudios como el ICCS y TERCE que evalúan educación cívica y comportamiento ciudadano, PIRLS que evalúa comprensión de lectura, PISA y TIMSS que buscan saber que pueden hacer los estudiantes, enfocándose en áreas de matemáticas, ciencias y lectura. Para el caso especifico de este estudio nos concentraremos en tres pruebas como son las PISA (Programme for International Student Assesment), las TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) y las pruebas Saber 9º.

Las **pruebas SABER** son la respuesta a la gran necesidad vista en Colombia por determinar el nivel en el que los estudiantes de tercero, quinto y noveno grado están alcanzando los logros esperados; su objetivo es “Contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación colombiana mediante la realización de evaluaciones periódicas del desarrollo de competencias de los estudiantes de educación básica” [23]. En estas se evalúan tres áreas como son lenguaje, matemáticas y ciencias naturales; específicamente en el área de matemáticas se evalúan componentes numéricas, geométricas y de pensamiento aleatorio.

En 2009 la prueba fue realizada en dos momentos (mayo y octubre), dependiendo del calendario del colegio, evaluando un total de 86.559 estudiantes y 1.216 establecimientos educativos, los cuales equivalen a una muestra que representa a 457.755 estudiantes. El

[1] Organización para la cooperación y el desarrollo económicos

contenido de la prueba se eligió con ayuda del ETS (Educational Testing Service), institución especializada en la implementación de evaluaciones e investigaciones, y en el caso especifico de noveno grado en matemáticas, las pruebas constaban del siguiente contenido: 35% numérico, 35% geométrico y 30% pensamiento aleatorio. En este caso, el 52% de los estudiantes se ubicó en un nivel de desempeño mínimo y el 26% en el nivel insuficiente (ver Anexo 4), es decir que en su mayoría los estudiantes no son capaces de hacer conjeturas, comparar atributos, establecer relaciones entre solidos y sus planos, entre otras [23].

Por su parte, las **pruebas PISA**, -programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes, por sus siglas en ingles-, se basan en la evaluación del rendimiento de estudiantes de entre 15 y 16 años acerca del conocimiento y las habilidades que han adquirido y son esenciales para la participación en la sociedad [3]. Es por esto, que dichas pruebas no se enfocan únicamente en lo que los estudiantes han aprendido, sino que también examinan que tan capaces son los estudiantes de aplicar lo que han aprendido a otros contextos. Las ultimas pruebas fueron realizadas en 2012 y su enfoque central fue matemáticas, dejando como áreas menores lectura, ciencia y resolución de problemas. En estas participaron 65 países, entre los cuales esta Colombia, representando más del 80% de la economía mundial, y cerca de 510.000 estudiantes.

Colombia participó en 2012 por tercera vez en estas pruebas, contando con una muestra de 9.073 estudiantes de 15 años de edad de 352 instituciones educativas (oficiales y privadas, urbanas y rurales), que representan a 559.674 estudiantes a nivel nacional. Además, se contó con sobremuestras para Bogotá, Cali, Manizales y Medellín [24]. Los resultados obtenidos en esta última versión de las pruebas permiten ver el grave problema existente en la educación en Colombia, ubicando al país en el puesto 62 de los 65 participantes, seguido únicamente por Catar, Indonesia y Perú. Teniendo en cuenta que la OECD clasifica a los estudiantes en seis niveles de competencia, siendo 5 y 6 los niveles superiores, y 2 el nivel básico de competencia, cabe notar que en el área de matemáticas, el 73,8% de los participantes en Colombia se encuentra por debajo del nivel básico de competencia en las tres áreas evaluadas, es decir en un nivel inferior al 2, y tan solo el 0,3% se ubican en los niveles superiores (Anexo 4).

Por último, las **pruebas TIMSS** -Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias, por sus siglas en ingles-, miden el rendimiento de estudiantes de cuarto y octavo grados en las áreas de matemáticas y ciencias, buscando comprender cuáles son los principales

factores que inciden en los resultados de los estudiantes, incluyendo factores como la implementación de los currículos y la identificación de buenas prácticas de enseñanza [25].

Colombia fue participe en las pruebas TIMSS del año 2007, obteniendo resultados no muy satisfactorios, ya que sólo se ubicó por encima de El Salvador (en el grupo de 17 países seleccionado por el ICFES) y lo que es aun mas preocupante, el 61% de los estudiantes que presentaron las pruebas se encontraban por debajo del nivel mínimo, 28% en el mínimo (nivel bajo), 9% en el medio, 2% en el alto y menos del 1% en nivel avanzado [25]. Ese año participaron alrededor de 425.000 estudiantes de un total de 59 países y 8 jurisdicciones regionales; en Colombia, la muestra fue de 4.873 estudiantes de octavo grado, y fue elegida de tal manera que permite comparar resultados por sector (oficial y privado) y por zona (urbano y rural), mas no por departamentos. En esta versión de la prueba se evaluó el siguiente contenido: 30% numérico, 30% algebra, 20% geometría, 20% probabilidad [26].

ROBOTS EDUCATIVOS

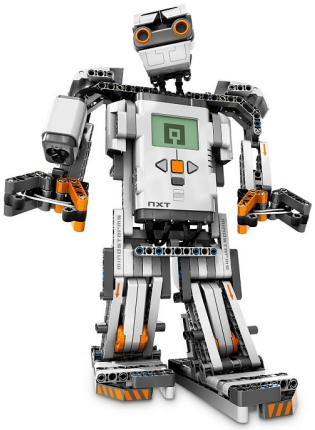
Un robot educativo se puede definir como un dispositivo tecnológico, construido con la finalidad de complementar los entornos de aprendizaje convencionales, en pro de mejorar los procesos cognitivos de los estudiantes de distintas edades y niveles educativos; entendiendo procesos cognitivos como los procedimientos que lleva a cabo el ser humano para incorporar conocimientos. La idea de usar tecnología como herramienta educativa surgió en 1980 por Seymour Papert, profesor del MIT (Massachusetts Institute of Technology), quien asegura que el conocimiento es más efectivo cuando los estudiantes experimentan y descubren cosas por sí mismos, su estudio se sustenta en las teorías constructivistas de Piaget y ha sido la base para el cambio en la forma de enseñanza [27]. Su aporte, contribuyó a la creación de LOGO, un lenguaje de programación en el cual los niños podían dejar volar su imaginación construyendo cosas mediante el computador, poco después este desarrollo atrajo a Lego, uniendo el mundo de la programación de LOGO, con la construcción de LEGO, logrando que hoy en día el MIT y Lego trabajen de la mano con miras a una mejor educación.

En los últimos años, el uso de robots como herramientas de aprendizaje en áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, se ha incrementado en una forma casi impensable, considerando que estas herramientas contribuyen al desarrollo del pensamiento, la resolución de problemas y el trabajo en grupo [28]. El objetivo al usar robots en clase no es

únicamente enseñar principios matemáticos, científicos y de diseño mediante experimentación, sino también reforzar el pensamiento crítico de los estudiantes, motivarlos para continuar con carreras relacionadas con STEM, y promover el espíritu colaborativo de los mismos.

Pero como era de esperarse, tras sus estudios y los esfuerzos de Lego por crear herramientas útiles para el aprendizaje, muchas otras empresas han desarrollado materiales similares, las cuales serán mencionadas a continuación para efectos comparativos.

LEGO MINDSTORMS

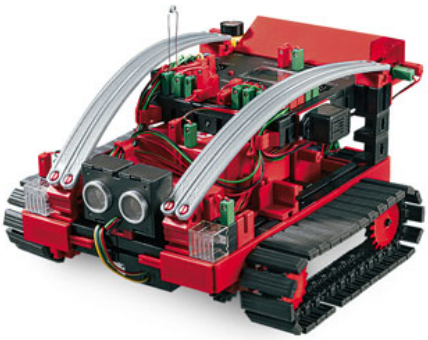


Éste es un dispositivo que consta de un sistema de percepción conformado por los sensores de luz, ultrasónico, de toque y de color; un sistema de actuadores, compuesto principalmente por motores y un módulo de control programable en el que se encuentra una pantalla y un altavoz para emitir señales sonoras. Este módulo programable es el encargado de realizar las tareas de control, la versión utilizada para este trabajo (que no es la más reciente) consta de dos micro controladores Atmel, el ATmega48/v y el AT91SAM7S256.

Este módulo utiliza una interfaz USB para comunicarse con el computador, comunicación que también puede realizarse mediante Bluetooth, gracias a esto es posible la transmisión de programas desarrollados mediante un software en el computador al bloque de control, dando la facultad al robot de ejecutar las tareas programadas. Su costo es cercano a $1.600.000 COP, provee un gran nivel de versatilidad y está diseñado completamente para su aplicación en educación.

FISCHERTECHNIK

FiscerTechnik es una empresa de origen alemán con mas de 50 años de trayectoria que desde sus inicios buscó una forma de explicar la tecnología de una manera más sencilla, mostrando cómo a partir de un número de componentes se pueden crear diferentes modelos robóticos [29]. La empresa divide



sus productos en 8 categorías diferentes, según rango de edad y/o utilidad, entre estas encontramos la línea de robótica, industrial, colegios, básica, avanzada, entre otras. Todas estas, sin ayudas o guías adicionales, pretenden desarrollar habilidades muy especificas como son: coordinación, motricidad fina, creatividad, imaginación espacial y pensamiento lógico. Sin embargo, el enfoque de esta compañía es hacia la industria, por lo tanto incluso los productos pensados en edades más tempranas se fabrican con piezas que serían de mayor aplicabilidad en el contexto de las fábricas.

En cuanto a STEM, FischerTechnik ha demostrado un gran compromiso ofreciendo a los docentes guías de trabajo, instrucciones de ensamblaje y algunas recomendaciones para implementar estos productos en sus clases. Dentro de sus productos ofrece un kit para iniciarse en la robótica el cual contiene módulos de sensores, módulos de actuadores y su módulo de control programable mediante una interfaz USB o Bluetooth para bajar al robot el programa realizado mediante el software en el computador.

MÚLTIPLO

Múltiplo es una empresa de origen argentino dedicada a la robótica educativa cuya filosofía se basa en la frase “robótica para todos” [30], lo que ellos han buscado mediante el desarrollo de sus productos es que no existan límites, los usuarios pueden comprar las partes que necesiten sin comprar todo un kit o incluso pueden fabricarlas ellos mismos mediante impresoras 3D o cortadoras laser. Entre las partes con las que cuentan están los sensores, actuadores, motores, y demás elementos que se encuentran en cualquiera de los anteriores robots mencionados.

Cuentan con un entorno de programación gráfica amigable y fácil de aprender, basado en un Arduino, el cual sí se adquiere en Múltiplo incluye control de motores de corriente continua, salidas para servos, entradas analógicas de sensores, conexión USB, puerto serie, mini parlante para generar sonido y fuente de alimentación. Su costo varía, ya que como se explicó anteriormente se pueden adquirir partes por separado o kits, sin embargo, los kits están entre los $420.000 a $870.000, sin incluir costos de envío y nacionalización, ya que se trata de productos que aun no se distribuyen en Colombia.

VEX ROBOTICS

VEX es la línea de la compañía Innovation First International, de origen norteamericano, que ofrece a estudiantes una plataforma de conocimiento para áreas relacionadas con STEM, reforzando adicionalmente el desarrollo de competencias como trabajo en equipo, liderazgo y resolución de problemas [31]. Cuentan con tres líneas de negocio como son VEX IQ, dirigida específicamente a STEM para básica primaria y básica secundaria; VEX EDR, una plataforma robótica para básica secundaria, media y superior; y VEX PRO, productos de un mayor rendimiento pensados en competencias de robótica.

El kit de inicio contiene sensores de color, rotación y distancia, una gran variedad de engranajes y llantas, y su bloque más importante, el de control está pensado para ser de gran sencillez y aceptar cualquier combinación de 12 entradas o salidas. Adicional a sus productos físicos, cuentan con wikis para el desarrollo grupal de contenidos y con un currículo en línea que permite entender la necesidad de estos contenidos y aterrizarlos al mundo actual. Su entorno de programación es gráfico y adicional a la programación de sensores y comandos, contiene herramientas de modelado 3D, dándole a los estudiantes la posibilidad de ensamblar sus modelos virtualmente.

Para resumir, se presenta a continuación una tabla comparativa de los dispositivos anteriormente mencionados, con el fin de tener una mayor claridad acerca de las ventajas y desventajas de cada uno de estos.

TABLA I CUADRO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES ROBOTS EDUCATIVOS

	LEGO MINDSTORMS EV 3	FISCHERTECHNIK ROBO TX EXPLORER	MÚLTIPLO BUILDING KIT	VEX IQ KIT STARTER CON SENSORES
Descripción	Permite a los estudiantes construir y programar soluciones robóticas aplicables a la vida real	Kit que permite a los estudiantes crear robots **industriales** totalmente funcionales y muy realistas.	Su enfoque es facilitar la creación de cualquier robot rompiendo barreras y dando rienda suelta a la imaginación	Su enfoque es la educación STEM y la integración de sensores, este permite crear robots autónomos sin limitantes.
Sensores	- Sensores de toque - Sensor de luz y color - Sensor ultrasónico	- Resistencia NTC - Resistencia fotoeléctrica - Sensor ultrasónico - Sensor infrarrojo	- Sensor ultrasónico - Sensores infrarrojo - Sensor de control remoto - Sensores de luz	- Sensor de toque - Sensor de color - Sensor ultrasónico - Sensor de rotación - Switch
Software	NXT basado en programación por bloques (Labview)	Robo Pro basado en diagramas de flujo	miniBloq/DuinoPack basado en Arduino	ROBOTC basado en lenguaje de programación C
Precio unitario	$1.619.900	$1.450.000	$580.000 + nacionalización	$1.562.948

LEGO MINDSTORMS NXT 2.0

GENERALIDADES

El LEGO Mindstorms NXT permite a los estudiantes desarrollar el conocimiento por ellos mismos a través de juegos y actividades basándose en las teorías constructivistas “jugar puede contribuir a la creación de nuevos conocimientos, partiendo del conocimiento que los estudiantes ya han adquirido”. Esta versión cuenta con 619 piezas, entre las cuales hay cuatro sensores y tres motores, adicionalmente se pueden adquirir otros sensores si se desea realizar alguna función mas especifica. El **sensor ultrasónico** lee la distancia existente entre éste y un

objeto, el **sensor de toque** detecta cuando se presiona, y el **sensor de color** detecta el color de una superficie así como la intensidad lumínica en un ambiente determinado.

En este kit, las tareas de control están a cargo de un bloque especifico llamado el NXT, este es un microcontrolador de 32bits, con bloques de memoria de 256kb (flash) y de 64kb (RAM). Cuenta con cuatro entradas para sensores, tres salidas para motores y un puerto USB, además de una pantalla LCD en la cual se puede ver el estado de los sensores, de la batería y valores predeterminados.

Si bien esta versión fue lanzada en 2009, fue desde 1988 que LEGO en asociación con el MIT empezó a desarrollar lo que llamaron "el bloque inteligente" con el fin de llevar a LEGO a la siguiente generación mediante el uso de la tecnología, considerando a esta línea de productos de la empresa danesa como la "categoría de tercera generación". Sin embargo, no fue sino hasta 1998 que LEGO lanzó su primer Mindstorm el RCX, el cual han ido evolucionando hasta convertirse en el actual Mindstorms EV3, el cual ha sido ofrecido al público desde septiembre de 2013 [32].

CASOS DE ESTUDIO

Varios estudios se han realizado acerca de los beneficios de incluir LEGO en las clases, los cuales parten siempre de la teoría constructivista que asegura que "cada alumno estructura su conocimiento del mundo a través de un patrón único, conectando cada nuevo hecho, experiencia o entendimiento en una estructura que crece de manera subjetiva y que lleva al aprendiz a establecer relaciones racionales y significativas con el mundo" [33]; sin embargo, las investigaciones previas se han realizado en cortos periodos de tiempo por lo que las conclusiones a las que llegan no se pueden generalizar a cualquier ambiente de aprendizaje, es así que aun se encuentra abierta esta discusión acerca del beneficio de incluir materiales tecnológicos para el aprendizaje en las aulas de clase.

A continuación se comentan algunos estudios que se han realizado, haciendo énfasis en los resultados encontrados y las características de la población que participó en el estudio, con el fin de que estos sirvan como base para futuros desarrollos en Colombia.

El primer estudio que se cita en este documento, es una iniciativa del *Georgia Tech y la NASA* para apoyar el desarrollo profesional de los profesores mediante el diseño de cursos en

línea que buscan que los docentes desarrollen habilidades en cuanto al uso de robots para luego aplicarlas a la enseñanza de matemáticas y ciencias, este programa es conocido como ePDN [28]. Se evidencia que al final del curso los profesores tenían mayor confianza para guiar a sus estudiantes hacia nuevas oportunidades, es decir, aplicando métodos de enseñanza que se adapten mejor a sus estudiantes. Uno de los profesores que tomó el curso describe la utilidad que le encuentra a estos en el colegio donde se desempeña, el cual está ubicado en California, y donde más del 80% de los estudiantes no cuentan con recursos y son inmigrantes; él enseña matemáticas y ciencias en grado sexto y logró adaptar la enseñanza de algunos de los temas vistos en clase a una enseñanza más interactiva y centrada en casos reales. Este caso sí bien, no evidencia el éxito de implementar robots LEGO en las aulas de clase, si evidencia la importancia de educar a los docentes en el uso de estas herramientas, ya que como ellos mismos lo aseguraron, estos conocimientos les pueden ayudar a enseñar contenido académico de una forma más efectiva.

INFOESCUELA [34], un programa desarrollado en Perú desde los inicios de LEGO Mindstorms en el año 1998, empezó con la ayuda del Ministerio de Educación de Perú como una prueba piloto en unos pocos colegios del país en los grados segundo, cuarto y sexto, teniendo un grupo experimental que tenia acceso a LEGO y un grupo de control que poseía exactamente las mismas características de los colegios en el grupo anterior pero que no contaban con la herramienta. Los resultados de la prueba fueron tan favorecedores que en la actualidad el programa continúa vigente y ha logrado demostrar que los estudiantes que han estado expuestos al trabajo con LEGO en las aulas de clase han alcanzado mejores resultados en los exámenes de matemáticas, tecnología y español, que aquellos que no han estado expuestos, es decir quienes pertenecen al grupo de control; así mismo, aquellos que pertenecen al grupo experimental demostraron tener un impacto positivo en un nivel personal, teniendo una mayor autoestima y confianza en sí mismos.

En Grecia, por otra parte, realizaron un corto experimento en el Colegio Técnico y Vocacional de Grecia (4th T.E.E. of Sivitanidios School) con alumnos entre 16 y 18 años, en éste los estudiantes tenían un plan de trabajo compuesto por cuatro actividades diferentes, que buscaban aclarar conceptos de velocidad, torque y potencia, y los beneficios de usar una caja de cambios con ejes de transmisión de diferentes radios. Al finalizar este proyecto se pudo observar como los estudiantes comprendieron conceptos previos aplicándolos a la vida real,

corrigiendo algunas equivocaciones que tenían de lecciones previas; sin embargo, dadas las restricciones de tiempo consideran que el experimento se debe seguir realizando a mayor escala y durante un periodo de tiempo más amplio para de esta manera lograr probar la efectividad de utilizar robots educativos como herramientas de enseñanza [35].

Por último, en un estudio realizado por Hussain, Lindh & Shukur [36] en el cual mediante un grupo de control y un grupo experimental buscan comprender el efecto de implementar programas con Lego en colegios de Suecia, se encontró que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos por el grupo de control y el grupo experimental, lo cual lleva a mantener abierta la discusión. Si embargo; dadas las grandes diferencias socio-económicas entre Suecia y Colombia, y el alto grado de equidad en términos de oportunidades de acceso a educación existentes en Suecia, diferentes a Colombia, Perú y Grecia (ver anexo 5); este estudio sólo se tiene como referencia, para evitar caer en el error de generalizar y asegurar que LEGO siempre evidencia mejores resultados en los alumnos que interactúan con este.

METODOLOGÍA

Como se ha descrito en secciones anteriores, uno de los objetivos de este trabajo consiste en identificar los principales problemas que presentan los estudiantes de grados sexto a noveno relacionados con el aprendizaje efectivo de matemáticas. Para tal fin lo primero que se realizó fue un estudio cualitativo que incluía básicamente tres temas diferentes pero relacionados entre sí: educación en Colombia, pruebas nacionales e internacionales, y la enseñanza de matemáticas en dichos grados. A partir de esto, se comprobó que efectivamente la calidad de la educación en Colombia es muy baja independientemente de los avances logrados en términos de cobertura, lo anterior teniendo en cuenta no solo estadísticas proporcionadas por centros especializados como el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) y el ICFES (Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior); sino también basado en resultados de los exámenes nacionales e internacionales presentados por estudiantes que se encontraban cursando grados octavo y noveno, exámenes que incluyen pruebas PISA, TIMSS y Saber 9º.

Los resultados obtenidos en las pruebas permiten de cierta manera evaluar las competencias de los estudiantes a partir de los resultados obtenidos; para conocerlos se tuvieron en cuenta fuentes primarias y secundarias como el ICFES, el Ministerio de Educación y las entidades internacionales encargadas de realizar cada una de las pruebas, la escogencia de las fuentes se basó en la confiabilidad de las mismas. Tras realizar dicha exploración se procedió a darle un enfoque más concreto al análisis, por lo cual observando los resultados de las pruebas y pensando en los temas que tienen una mayor aplicabilidad en el día a día, el enfoque del trabajo de grado en el área de matemáticas se centró en "probabilidad y estadística", teniendo como base principalmente los siguientes estándares de grados sexto y séptimo:

- Uso medidas de tendencia central (media, mediana, moda) para interpretar comportamiento de un con junto de datos.
- Uso modelos (diagramas de árbol, por ejemplo) para discutir y predecir posibilidad de ocurrencia de un evento.
- Conjeturo acerca del resultado de un experimento aleatorio usando proporcionalidad y nociones básicas de probabilidad.

En cuanto a ciencias, el trabajo está enfocado en temas de física, ya que estos se pueden integrar de forma sencilla y evidente con ingeniería; en este caso se tuvieron en cuenta temas como distancias, frecuencias, características del sonido, comportamiento de la luz, entre otros.

Tras recolectar la información necesaria relacionada al tema de educación, se procedió a realizar el mismo procedimiento en el tema de STEM, con el fin de tener conocimiento de algunos proyectos que se han realizado hasta la fecha y el impacto que estos han tenido. A partir de este estudio se realizó una lluvia de ideas con diferentes opciones a implementar siempre teniendo en cuenta que el púbico objetivo son estudiantes de sexto a noveno en Colombia, tanto de instituciones públicas como privadas y las tres restricciones que ya se han mencionado. Dado el corto periodo de tiempo del que se disponía para realizar el estudio y proponer una solución factible, se optó por una herramienta que ha sido ampliamente estudiada y utilizada, y que ha demostrado que aquellos estudiantes que han interactuado con ésta no sólo han desarrollado su creatividad, sino que también han desarrollado otras habilidades y han logrado una mayor apropiación de conceptos en áreas de matemáticas, ciencias y lenguaje. Es de esta manera, como los kits educativos LEGO Mindstorms se convierten

en el instrumento para lograr los objetivos inicialmente propuestos, ya que ofrecen tanto a profesores como a estudiantes la posibilidad de diseñar sus propios experimentos y juegos, utilizando la tecnología y aumentando la creatividad.

LEGO, como ya se ha explicado anteriormente posee varias líneas enfocadas a la educación que varían con la edad, por lo que es un producto que no requiere de adaptaciones para incluirlo en las aulas de clase; otros factores de gran importancia a la hora de hacer la elección fueron la posibilidad de cubrir no sólo matemáticas sino también las otras áreas de STEM como física (como parte de las ciencias), ingeniería y tecnología; la facilidad de acceso que se tenía al kit y al software, su versatilidad en cuanto a ensamblaje y programación, y la posibilidad de integrar conceptos estudiados previamente y llevarlos a la vida real.

Una vez definida la herramienta a utilizar, se investigó acerca de casos (ver pág. 20) en los cuales se ha hecho uso de LEGO en las aulas de clase, cuales de estos han sido exitosos, cuales no y los diferentes contextos en los que se encontraban, con el fin de buscar un escenario similar al de Colombia y de esta manera justificar su uso en colegios del país. Así mismo, se comenzó el uso de la herramienta para familiarizarse con la misma y revisar los campos en los cuales era viable su uso, el primer paso fue comprender cada uno de los sensores y los eventos en los que se podían emplear, por ejemplo, el sensor ultrasónico permite medir distancias por lo que puede ser utilizado para posicionamiento y/o proximidad; lo anterior se puede encontrar más detalladamente en el anexo 6.

Siempre que se trabaja con sensores el primer paso a realizar debe ser la calibración, por esto se realizó dicho procedimiento con los sensores de ultrasonido y de color, los cuales serán los más utilizados debido a la amplia gama de experimentos y pruebas que se pueden realizar a partir de estos. De igual manera, dado que se trabajará con un software nuevo se realizó la inspección de cada uno de los bloques, para lo cual se crearon programas que realizaran diferentes acciones, cada vez aumentando su grado de complejidad y el número de acciones realizadas dentro de un mismo programa. Este proceso permitió tener un buen conocimiento acerca de los componentes del kit, y comenzar a elaborar el material de apoyo en el cual se describen los bloques presentes en el programa, algunas de las partes del kit y se explica cómo realizar algunas acciones que pueden traer complicaciones para estudiantes o profesores.

Teniendo claro que la herramienta a usar en el aula de clases será el kit de LEGO, se procedió a definir el método para que la herramienta tenga el efecto positivo que se espera, en los casos anteriormente mencionados el primer paso que se realiza es la capacitación de los docentes en cuanto al uso de LEGO Mindstorms y cómo introducirlos a las clases del currículo existente. En Colombia, el Ministerio de Educación, mediante el Programa de Fortalecimiento de la Cobertura con Calidad para el Sector Educativo Rural [37], ha encontrado que los docentes valoran la posibilidad de trabajar con guías o secuencias que les permitan planear las clases para sus alumnos dependiendo del contenido del curso; en este mismo reporte sugieren que en la planeación de las clases se debe combinar el conocimiento disciplinar sobre un cierto tema con el conocimiento didáctico acerca de los modos más adecuados de enseñar dicho tema, haciendo énfasis en aspectos que debe tener cualquier clase, como los objetivos de aprendizaje, el tiempo estimado, los materiales necesarios, el desarrollo de la clase, evidencias de aprendizaje y finalmente una reflexión sobre la enseñanza. Debido a esto, se optó por diseñar secuencias didácticas tanto para maestros como para alumnos, las cuales los guiarán en cada una de las actividades hasta concluir el proyecto, y les explicaran pasos básicos que deben realizar para la consecución de los objetivos de cada actividad.

El producto final una vez terminado este proyecto está constituido por una investigación cualitativa aplicable a Colombia, la cual puede ser utilizada en futuras investigaciones o avances, y un manual con material de apoyo para docentes y estudiantes que les permita, por medio de la tecnología, enseñar y aprender temas relacionados con áreas de STEM, mientras observan su aplicabilidad en situaciones reales. El material mencionado, se realizó con base a los puntos establecidos por el Ministerio de Educación en el PER [38] y se presentan al final de este trabajo como futuro material de trabajo en los colegios en los que se implementen estas herramientas.

Debido a la falta de tiempo no fue posible realizar la prueba con estudiantes en una institución educativa, ya que para el desarrollo de todo el proyecto se requieren por lo menos catorce horas. Adicionalmente, dado que el diseño de las guías requería de varios ajustes y varias pruebas antes de su realización para estar seguros de que el reto que se daba a los estudiantes fuera factible, en el momento en el que las guías estuvieron completamente terminadas, los colegios ya se encontraban en periodo de vacaciones; sin embargo, se realizó una pequeña prueba con cuatro niños de sexto y séptimo grado con el fin de evaluar tiempos y el interés que se generaba con cada una de las actividades. Es así como, se sugiere que el

proyecto se aplique como una prueba piloto en unos pocos colegios de Bogotá inicialmente y en caso de tener resultados notables entre los colegios que implementan LEGO en sus aulas de clase y los que no, se piense en llegar a un mayor número de instituciones educativas.

SOLUCIÓN PLANTEADA

Tras revisar una gran cantidad de soluciones que se han generado hasta la fecha entorno a la problemática de STEM, y teniendo en cuenta las restricciones inicialmente planteadas, como son bajo costo, sencillez y alto grado de interactividad; se optó por LEGO Mindstorms como herramienta educativa para afianzar conceptos en temas de física y matemáticas, la elección de este se debe a los siguientes factores: es una herramienta que ha sido ampliamente estudiada y utilizada, da la posibilidad de cubrir no sólo matemáticas sino también las otras áreas de STEM como física (como parte de las ciencias), ingeniería y tecnología; su versatilidad en cuanto a ensamblaje y programación, la posibilidad de integrar conceptos estudiados previamente y llevarlos a la vida real, y por último, la accesibilidad y disponibilidad inmediata del kit para el desarrollo del trabajo; sin embargo, anteriormente se mencionaron otros robots educativos los cuales se adaptarían muy bien a una clase orientada a STEM y pueden ofrecer algunos beneficios en comparación con LEGO, ya sea mayores aplicaciones, menores costos o una interfaz más amigable.

GENERALIDADES

El principal objetivo de este proyecto es brindar a estudiantes y profesores de educación básica secundaria una propuesta tecnológica que permita una mayor comprensión de temas relacionados con matemáticas y ciencias, utilizando a su vez conceptos relacionados con ingeniería. Para esto se utilizó el kit de LEGO Mindstorms, mediante el cual no solo los estudiantes pueden encontrar un complemento a la educación tradicional, sino que además los profesores pueden aterrizar conceptos que de otra manera parecen etéreos.

Para tal fin, se plantea una forma de educación complementaria a la educación tradicional impartida en la actualidad en la mayoría de colegios de Colombia, siendo el principal cambio que el profesor pase de ser visto como alguien que imparte conocimientos, dando una verdad absoluta a la cual los estudiantes deben escuchar y asentir, a tener un papel de mediador y guía, quien aclara conceptos y apoya en el proceso de aprendizaje de los

estudiantes. Para lograr un primer acercamiento con LEGO, se diseña un proyecto que consta de diferentes actividades y será desarrollado durante el año escolar, las actividades están organizadas según el grado de dificultad, iniciando por la de menor complejidad hasta la de mayor complejidad, y a medida que las desarrollan, los estudiantes van adquiriendo conocimientos de física y matemáticas, y mejorando su capacidad inquisitiva ya que deben alcanzar los objetivos de cada reto, haciendo uso de su creatividad, su lógica, su habilidad para solucionar problemas y su trabajo en equipo.

En este punto vale la pena aclarar varios aspectos claves del proyecto como la forma en que aprenden los estudiantes que tienen acceso a los kits, el tipo de habilidades que se espera desarrollar al trabajar con LEGO, la forma de organizar el ambiente de aprendizaje para sacar el máximo provecho de la herramienta, la forma de integrar el material a las clases y el rol que desempeñará el profesor, esta última ya ha sido anteriormente discutida. Primero que todo, la forma como aprenderán los estudiantes será por medio de los tres métodos de aprendizaje existentes, visual, auditivo y kinestésico, ya que los estudiantes podrán observar, escuchar y manipular las herramientas; algunas de las actividades que se realizarán durante el proceso de aprendizaje serán “ensayo y error”, cuestionamientos que realicen a sus compañeros o al profesor, e investigando previamente, esto ya que para lograr los mejores resultados se requerirá información acerca de los sistemas más apropiados, el funcionamiento de los sensores y algunas bases de programación, como el uso de ciclos, casos, tiempos, entre otros.

En segundo lugar, ya se ha observado en los estudios anteriores que los alumnos que interactúan con los kits no sólo obtienen mejores resultados en las pruebas de matemáticas y ciencias, sino que además desarrollan habilidades y competencias relacionadas al aspecto personal que son útiles para enriquecer su vida profesional a futuro, estas son trabajo en equipo, resolución de problemas, creatividad y expresión oral, por lo que se espera desarrollar habilidades tanto personales como cognitivas. El ambiente de aprendizaje en el cual se haga uso de estas herramientas debe contar con computadores y estar en un espacio amplio, en el que los estudiantes puedan probar sus creaciones, evaluando el correcto funcionamiento y las posibles mejoras, trabajando en grupos de no más de 4 estudiantes, ya que como se ha demostrado grupos más grandes traen consigo personas que no aportan, mayores conflictos y requerirán de mas tiempo para el desarrollo de la actividad [38]; en algunos casos será

necesario disponer de una pista para realizar las actividades, por lo que se requiere que el lugar de trabajo tenga un espacio libre de 2x2 metros.

Por último, el material de trabajo se puede integrar dentro de materias como matemáticas o física, o puede proponerse como una actividad extracurricular, considerando que la primera puede ser mas efectiva ya que evidencia que los conceptos aprendidos en el aula pueden aplicarse a casos de la vida real para obtener los resultados esperados; las actividades a las que se enfrentan los estudiantes deben ser claras, concretas y relevantes.

DESARROLLO

Ya que este estudio está basado principalmente en fuentes primarias y estudios previos que han demostrado que el uso de LEGO efectivamente trae consecuencias positivas en los resultados tanto académicos como personales de los alumnos expuestos a estos materiales, lo primero que se debe hacer para implementarlo en colegios de todo el país es una prueba piloto en la cual se tengan, al igual que en el caso estudiado en Perú, un grupo experimental y un grupo de control. El grupo experimental estará conformado por varios colegios de diferentes ciudades y serán aquellos estudiantes de grados sexto y séptimo que tendrán acceso a los kits como herramienta educativa; por su parte, el grupo de control debe estar conformado por estudiantes de colegios con las mismas características económicas, sociales y académicas que los del grupo experimental, pero que a diferencia de los primeros, continúan sus clases basados en una educación tradicional.

En 2013 en Colombia, existían un total de 19.180 instituciones educativas que tienen cobertura en básica secundaria [39], teniendo un total de 3.175.962 estudiantes en esos grados. Con el fin de tener un nivel de confiabilidad del 90% en la prueba piloto a realizar se deben seleccionar un total de 70 instituciones educativas, de las cuales 35 tendrían las herramientas LEGO y 35 no las tendrían. De estas IE se deben elegir pares que compartan las mismas condiciones socioeconómicas y el mismo nivel académico, para que de esta manera los resultados sean comparables entre las que están en el grupo experimental y las que están en el grupo de control. A cada una de las instituciones se asignará un instructor que será el encargado de observar que las condiciones se cumplan y que se realicen las actividades de la manera propuesta.

Para lograr esto, se realizó un manual con material de apoyo para los docentes encargados de implementar la prueba piloto, quienes además deben tener una preparación previa en el tema de STEM y robots educativos. Las guías allí contenidas proporcionan al profesor las explicaciones necesarias para manipular tanto las piezas de lego como el software, para entender sus aplicaciones y de esta manera ser facilitador en la interacción del estudiante con el robot, y por último dan las instrucciones de cómo llevar cada clase, con las actividades propuestas, las preguntas que se pueden realizar y posibles dificultades con que se encontrarán los alumnos. A medida que van avanzando en la interacción con los robots, los retos tendrán un nivel de dificultad mayor y así mismo se espera que las observaciones realizadas por los estudiantes sean más analíticas, hasta llegar al reto final el cual consiste en una competencia entre todos los grupos de trabajo, donde para salir victorioso deberá incluir todos los conceptos aprendidos desde el primer reto e incluso obtener información adicional que les asegurará una mayor exactitud y mejor desempeño.

El primer acercamiento que tendrán los estudiantes a las herramientas LEGO, será una pequeña introducción a los componentes que se encuentran en el kit y el software. Recibida la inducción sobre LEGO, comienzan los retos propuestos, los cuales se listan a continuación, iniciando en el de menor complejidad hasta alcanzar el último grado de dificultad, que requiere conocimientos previos y una anterior interacción con los robots y el software de LEGO. Cabe aclarar que todos estos retos fueron realizados previamente para asegurar la viabilidad de los mismos y poder dar las instrucciones exactas a los docentes para su desarrollo.

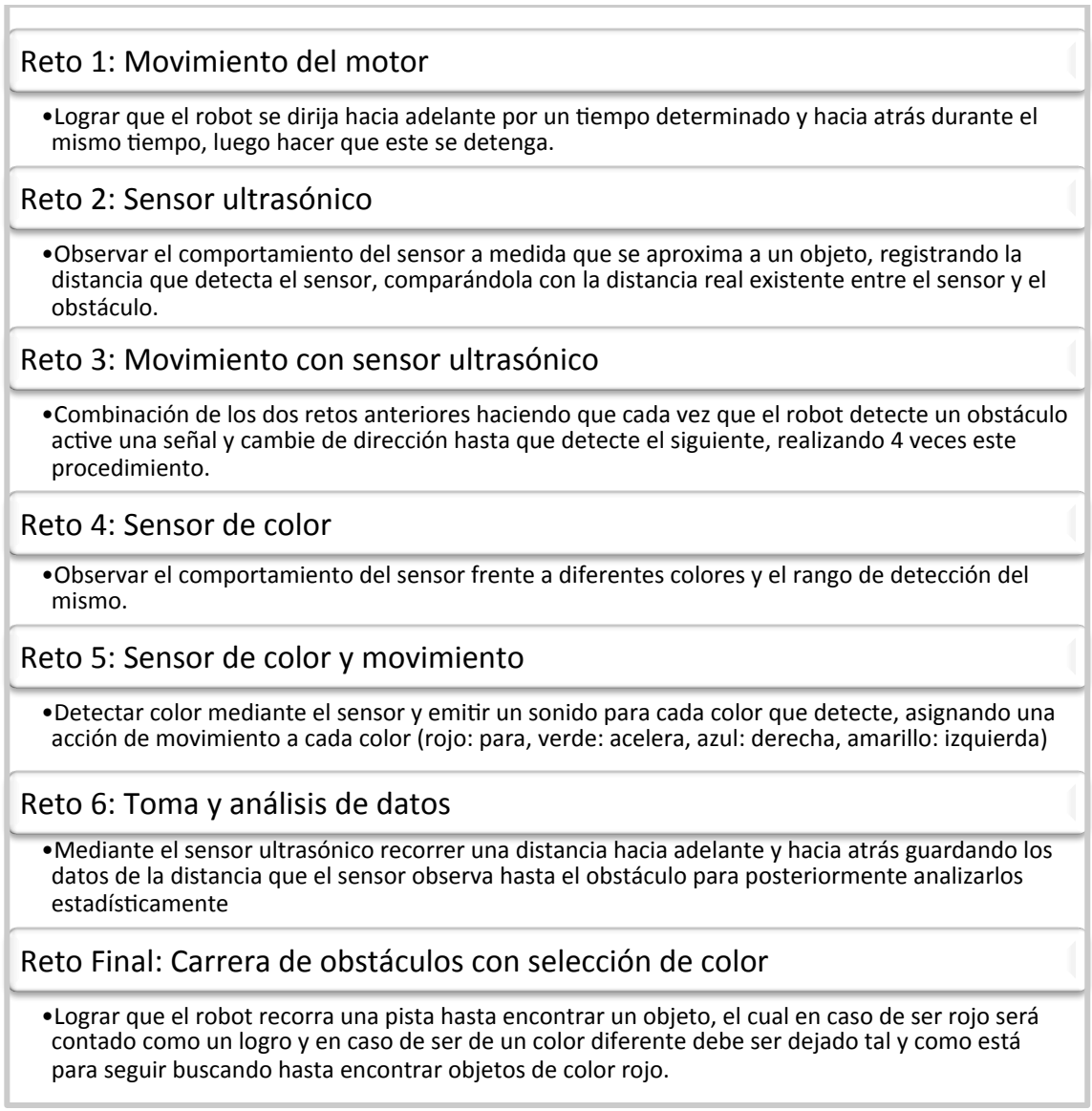


FIG. 1 DESARROLLO DEL PROYECTO DATA-BOT

RESTRICCIONES INICIALES

Como se ha mencionado a lo largo del documento, para lograr que el proyecto sea implementado en instituciones educativas oficiales y privadas de Colombia, este debe cumplir principalmente con tres restricciones: sencillez, alto grado de interactividad y bajo costo.

El primero de estos, la sencillez es una característica inherente de LEGO, ya que es un producto diseñado para un público de todas las edades y no se requieren conocimientos previos en cuanto a robótica ni programación, por lo que el alto grado de sencillez con que cuentan tanto el hardware como el software es innegable. El hardware consta de piezas armables con

bloques de diferentes tamaños, colores y formas, conectores, engranajes, llantas y piezas que le permiten a sus usuarios dejar volar la imaginación. El software por su parte, es una interfaz gráfica constituida por bloques basada en Labview, que permite activar sensores, motores o alertas según lo que se desee ejecutar. Si bien la interfaz requiere de un reconocimiento inicial, a medida que se usa se encontrarán nuevas tareas que se pueden realizar y así mismo cuenta con un botón de ayuda en caso de ser necesario. La dificultad encontrada con relación al software utilizado es que éste no se encuentra en español, esto se considera una dificultad ya que, según pruebas realizadas en grado 11, únicamente el 7% de los bachilleres alcanzan un puntaje satisfactorio en esta área [21]; sin embargo, la versión actual de Mindstorms, el EV3 si está disponible en este idioma.

Por su parte, el alto grado de interactividad se hace evidente desde el momento de ensamblar el robot, los estudiantes necesitan tener variables a considerar en el momento de armarlo y así mismo requieren de un buen trabajo en grupo para que el proyecto salga adelante, el profesor pasa de ser el centro de la clase, a tener un papel de apoyo y mediador en caso que así lo requieran los estudiantes.

Por último, si bien el costo parece ser elevado ($1.619.900 por unidad), se debe tener en cuenta que no es necesario tener un kit por alumno, por lo que a continuación se presenta un estimado del costo basándose en la siguientes variables: las recientes modificaciones realizadas al decreto 3020 de 2002, en las cuales el Ministerio de Educación Nacional fijó un tope de 45 alumnos por salón para bachillerato y 40 para primaria [40], en promedio hay tres o cuatro salones por nivel educativo, se trabajaría en grupos de máximo 4 estudiantes por las razones expuestas previamente, e inicialmente se utilizaría en los grados sexto y séptimo; entonces se tendría un total de 11 grupos por salón y 8 salones que utilizarían el robot, para un total de 88 kits de LEGO, lo cual equivaldría a un aproximado de $142.551.200 por institución educativa. Sin embargo, dado que no todos los cursos tendrían la clase en el mismo horario, sería posible reducir esta cifra tan solo 15 kits por colegio, lo cual aseguraría el número de kits necesarios y una diferencia en caso de que ocurra cualquier calamidad, es decir $48.600.000 por institución educativa. Esta cifra beneficiaría inicialmente a alrededor de 360 estudiantes, lo que daría un costo por estudiante de $135.000.

Ahora bien, LEGO es una empresa que elabora productos de primera calidad y las piezas están elaboradas con acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), un plástico resistente al calor,

ácidos, sales y otros químicos y que no es tóxico [41], por lo que se espera que estos tengan un largo periodo de durabilidad, aún cuando falten piezas, ya que para realizar un modelo normal no se requiere del uso de todas las partes que incluye el kit, por lo que aun teniendo únicamente el 70% de las piezas no se incurriría en gastos de reposición de material. Entonces asumiendo una durabilidad mínima de 10 años, el número de estudiantes que se beneficiarían (sí aun se utilizara únicamente en sexto y séptimo) sería de 3.600, lo cual significaría un costo por estudiante de $13.500, siendo este un costo realmente bajo para el beneficio que LEGO puede generar en las futuras generaciones.

Ahora bien, LEGO Foundation es una fundación que hace parte del grupo LEGO y fue creada con el fin de "movilizar al mundo alrededor del vinculo entre jugar y aprender", para este busca empoderar e inspirar a los niños a crear un mejor futuro para si mismos y la sociedad entendiendo el valor del juego. Para cumplir con su propósito, se encuentran desarrollando un programa dirigido a catalizar el cambio proporcionando herramientas y experiencias transformadoras mediante el juego, para crear y compartir nuevos conocimientos. La fundación apoya programas de investigación en regiones de alto impacto; actualmente se encuentran en Filipinas, China, India, Afganistán, Ucrania, Dinamarca, Sudáfrica, Brasil y México [42].

En este caso, se tomaron en cuenta casos específicos como Brasil y México con el fin de realizar una caracterización del proyecto y lograr un escenario similar al caso de Colombia.

TABLA II FINANCIACIÓN PROYECTOS EN BRASIL Y MÉXICO POR THE LEGO FOUNDATION

	Brasil	**México**
Proyecto	Alimentar las competencias claves mediante actividades extra curriculares	Mejorar la educación para las comunidades marginadas desde preescolar hasta la secundaria
Beneficiarios	Niños entre 10 y 17 años que habitan en favelas o suburbios	Niños entre los 4 y 16 años que habitan en comunidades marginadas y estudian en las escuelas participantes.
Periodo	2008-2013	2009-2015
Contribución	1.200 cajas de juegos LEGO	USD 357.000 (fondos, cajas de LEGO y coordinadores de soporte)

APRENDIZAJES

Tras realizar un pequeño estudio de campo con cuatro niños de grados sexto y séptimo se pudo observar que inmediatamente supieron que iban a trabajar con LEGO su motivación e interés por el trabajo a seguir aumentó. Sin embargo, la introducción a la herramienta fue muy complicada, ya que como se expresó anteriormente el software se encuentra en inglés y el conocimiento de esta lengua por parte de los niños es muy básico. Gracias a la anterior observación se realizaron algunas modificaciones al material de apoyo siendo más explícitos con algunos de los pasos a seguir, de manera que el idioma no se convierta en una barrera para los alumnos que interactúan con el material. En este punto también es importante recordar que el trabajo realizado contaba con la versión anterior del LEGO Mindstorms, la última versión de este kit ya se encuentra disponible en español.

Una de las observaciones realizadas fue que a medida que los estudiantes realizaban un reto ya se encontraban pensando en el siguiente, tenían curiosidad de ver cual sería el siguiente paso y siempre estuvieron dispuestos a seguir adelante con la actividad. En algunos casos, tras programar el robot siguiendo la descripción de la actividad se daban cuenta que éste no realizaba las acciones que ellos deseaban, por lo que ellos mismos se preguntaban "¿qué debo cambiarle?" y realizaban el procedimiento; es de este paso que surgió la idea de realizar pseudo-códigos antes de comenzar la programación en el computador, ya que los alumnos pueden observar de una manera lógica y sencilla las acciones que debe realizar el robot.

En cuanto a la interacción de los grupos de trabajo, se observó que inicialmente el grupo estaba un poco desordenado pues todos querían hacer todo, pero a medida que fueron comprendiendo el software y el desempeño del robot, se convirtió en un trabajo más colaborativo en el cual entre todos aportaban ideas para la programación pero uno era el encargado de llevarla al computador, así mismo, todos participaban en la corrección de errores de ser necesario. Cada uno de los participantes debía realizar su propia toma de notas, ya que no todas las personas poseen los mismos estilos de aprendizaje y en este caso cada cual es libre de tomar los datos de la manera que mejor considere teniendo en cuenta que se realizará un análisis a partir de estos.

En la toma de datos del primer reto, uno de los participantes tomó nota de forma casi incomprensible, de manera que cuando iba a responder las preguntas no sabía cuales valores

debía utilizar, por esta razón debió hacer el análisis a partir de los datos de otro niño, tras haber ocurrido lo anterior, el participante entendió que debía tomar los datos de forma ordenada para poder entenderlos y así mismo, los otros niños se dieron cuenta de esta situación por lo que en los otros retos todos se esmeraron por tener un orden en su cuaderno de notas. Lo anterior, muestra una de las enseñanzas del trabajo realizado, la cual, si bien no es uno de los objetivos, sí apoya el proceso de aprendizaje y puede convertirse en una enseñanza aplicable a todas las situaciones futuras, en otras áreas de aprendizaje y a nivel profesional.

El proyecto no pudo evaluarse en su totalidad debido a la cantidad de horas necesarias para su terminación, pero se logró ver que los tiempos propuestos en cada una de las guías es suficiente y que a medida que avanzan en los retos, requieren un menor tiempo para su realización ya que ya conocen los elementos más importantes del programa, y ya han entendido la forma de programar las acciones del robot.

CONCLUSIONES

Mediante la recolección de datos provenientes de diferentes fuentes se pudo comprobar que la educación básica y media en Colombia presentan graves problemas, ya que sí bien la cobertura ha aumentado, siendo casi universal en términos de cobertura bruta, esto no se ve reflejado en una mejor calidad. Entre los problemas de mayor importancia en la educación en Colombia, está la calidad de los docentes, ya que es una profesión que no atrae a los mejores bachilleres, debido a su baja remuneración y a que el gobierno ofrece pocos incentivos para el estudio de carreras relacionadas con pedagogía. Adicional a la baja calidad de los docentes, la implementación de herramientas tecnológicas como apoyo a los conceptos académicos ha sido mínima, lo cual es preocupante ya que para lograr competir en un mundo globalizado se requiere un buen nivel tecnológico y personas altamente capacitadas.

Si bien es evidente que es necesario invertir en el área de educación, no basta simplemente con incluir herramientas de aprendizaje nuevas y más tecnológicas, también es necesario capacitar a los docentes en el manejo de dichas tecnologías y en una nueva perspectiva de cómo deben ser las clases, pasando de una enseñanza tradicional a un aprendizaje activo basado en teorías constructivistas, esto requiere un cambio de actitud, estrategias y entorno por parte del docente. Lo anterior demanda un gran trabajo por parte de

los docentes, pero prepararía a los profesionales del futuro en áreas que cada vez serán más demandadas y que asegurarán una mejora en la competitividad y productividad a largo plazo, estas áreas son las involucradas en STEM.

Según se pudo evidenciar, los robots educativos constituyen una propuesta de educación apropiada para el siglo XXI, ya que estos aseguran el desarrollo de un ambiente de aprendizaje activo, en el cual los estudiantes participan como creadores de conocimiento y los docentes como mediadores y fuentes de apoyo. Estas herramientas no solo permiten afianzar conocimientos en robótica, sino que a su vez permiten integrar la tecnología a diferentes campos de la educación tradicional como son las matemáticas y ciencias, relacionándolos con casos del mundo real. Sin embargo, para lograr el éxito de estos materiales en el aula de clase, el primer paso es capacitar al maestro, ya que él debe tener un papel de guía y apoyo para los alumnos, motivándolos en la ejecución de las tareas asignadas.

De acuerdo a los diferentes casos de estudio en los que LEGO constituye una herramienta de apoyo para la enseñanza, los estudiantes se muestran altamente motivados por aprender y explorar nuevas posibilidades, logrando que las actividades que realizaban en la educación tradicional como toma de datos, cálculos matemáticos o tareas para la casa, no las consideren tareas repetitivas sino pasos que deben realizar para lograr el éxito de la actividad propuesta. Si bien, no es necesario ser explicito con cada uno de los conceptos que se están aprendiendo, es posible ver que intuitivamente cuando realizaban la siguiente actividad ya sabían que debían hacer, por lo que aprenden basados en la realidad y no únicamente en teorías.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Ministerio de Educación. (s.f). Estándares básicos de competencias en Matemáticas: Potenciar el pensamiento matemático, un reto escolar. Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-116042_archivo_pdf2.pdf

[2] Atmatzidou, S., Markelis, I., & Demetriadis, S. (2008). The use of LEGO Mindstorms in elementary and secondary education: game as a way of triggering learning. *Intl. Conf. on SIMULATION, MODELING and PROGRAMMING for AUTONOMOUS ROBOTS* (pp. 22-30). Venecia: SIMPAR 2008.

[3] Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). PISA 2012 results in Focus: What 15-year-olds know and what they can do with what they know. Disponible en: http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf.

[4] TEDGlobal (2010). Conrad Wolfram: Teaching kids real math with computers. Disponible en: http://www.ted.com/talks/conrad_wolfram_teaching_kids_real_math_with_computers#t-38678

[5] Graduados Colombia. ¡Nuevos resultados del Observatorio Laboral para la Educación!. Disponible en: http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/fo-article-238140.pdf

[6]Ministerio de Educación Nacional. (2010). Ingreso, permanencia y graduación. Educación Superior, Boletín informativo N.14. de Febrero de 2010. Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-254702_boletin_14.pdf

[7]National Math + Science Initiative. (2013). The STEM crisis. Disponible en: https://nms.org/Education/TheSTEMCrisis.aspx

[8] Department for Professional Employees. (2012). The STEM Workforce: An occupational overview. Recuperado el 23 de Mayo de 2013 de The Department for Professional Employees AFL- CIO: http://dpeaflcio.org/wp-content/uploads/The-STEM-workforce-2012.pdf

[9] United States Department of Labor: Bureau of Labor Statistics (2010). STEM (Science, technology, engineering, and mathematics). Disponible en: http://www.bls.gov/oes/2010/may/stem.htm

[10] Valdés Días de Villegas, J. (s.f). Educación factor importante de competitividad internacional. Disponible en: https://intranet.ebc.edu.mx/contenido/vidaebc/descargas/vis_doc/edu/vision_univ180908.pdf

[11] National Science Foundation (2007). A National Action Plan for addressing the critical needs of the U.S. Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education System. Disponible en: http://www.nsf.gov/nsb/documents/2007/stem_action.pdf

[12] Fioriello, P. (2012). Understanding the basics of STEM education. Hot topics in Education. Disponible en: http://drpfconsults.com/understanding-the-basics-of-stem-education/

[13] Hansen, M., & Gonzalez, T. (2014). Investigating the Relationship between STEM Learning Principles and Student Achievement in Math and Science. *American Journal of Education , 120* (2), 139-171.

[14] Pequeños Científicos/ Universidad de los Andes. (2012). *Que hacemos* . Recuperado el 30 de Octubre de 2014 de Pequeños Científicos: http://www.pequenoscientificos.org/?f=ver_seccion&se=que-hacemos

[15] Uniminuto. (2012). *Inauguración del Proyecto Science, Techonolgy, Engineering and Mathematic (STEM)*. Recuperado el 30 de Octubre de 2014 de Uniminuto: http://www.uniminuto.edu/web/sede-cundinamarca/-/inauguracion-del-proyecto-stem

[16] Ministerio de Educación Nacional. (9 de Junio de 2010). *Sistema educativo colombiano*. Recuperado en Junio de 2014 de http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-233839.html

[17] Ministerio de Educación. (2002). Estándares curriculares, un compromiso con la excelencia . *Periódico Altablero* (14).

[18] Ministerio de Educación. (s.f). *Estándares básicos de competencias en matemáticas: Potenciar el pensamiento matemático, un reto escolar.* Recuperado en Enero de 2014 de Ministerio de Educación: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-116042_archivo_pdf2.pdf

[19] Barrera, F., & Dominguez, C. (2006). *Educación básica en Colombia: Opciones futuras de política.* Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.

[20] Semana. (19 de Agosto de 2014). *Así van los recursos para educación en el 2015.* Recuperado el 30 de Octubre de 2014 de Semana Educación: http://www.semana.com/educacion/articulo/asi-van-los-recursos-para-educacion-en-2015/399648-3

[21] Gossaín, J. (28 de Febrero de 2014). ¿Por qué es tan mala la educación en Colombia? *El tiempo* .

[22] García, S., Maldonado, D., Perry, G., Rodríguez, C., & Saavedra, J. E. (2014). *Tras la excelencia docente: Cómo mejorar la calidad de la educación para todos los colombianos.* Fundación Compartir. Bogotá: .Puntoaparte Bookvertising.

[23] ICFES. (2010). *SABER 5º y 9º 2009: Resultados Nacionales.* Bogotá: ICFES.

[24] ICFES. (2013). *COLOMBIA EN PISA 2012: Informe nacional de resultados.* Bogotá: Ministerio de Educación.

[25] ICFES. (2010). *Resultados de Colombia en TIMSS 2007 .* Bogotá: ICFES.

[26] Mullis, I., Martin, M., Foy, P., & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Mathematics.* Amsterdam: TYMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College Chestnut Hill, MA, USA and International Association for the Evaluation of Educational Achievement.

[27] Papert, S. (1980). The gears of my childhood.

[28] Alemdar, M., & Rosen, J. H. (2011). *Introducing K-12 Teachers to LEGO Mindstorm Robotics Through a Collaborative Online Professional Development Course.* Georgia Institute of Technology . Atlanta: American Society for Engineering Education .

[29] Fischertechnik GmbH. (2013). *The idea*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2014 de Fischertechnik: http://www.fischertechnik.de/en/Home/info/the-idea/The-idea.aspx/usetemplate-1_column_no_pano/

[30] Multiplo. (s.f). *¿Qué es multiplo?* Recuperado el 4 de Noviembre de 2014 de multiplo: http://multiplo.org/es/whats-multiplo/

[31] Innovation First International. (2012). *VEX EDR: Think. Create. Build. Amaze. VEX*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2014 de VEX EDR: http://www.vexrobotics.com/vex

[32] LEGO. (2014). *History of LEGO Robotics*. Recuperado el 5 de Octubre de 2014 de LEGO mindstorms EV3: http://www.lego.com/en-us/mindstorms/gettingstarted/historypage/

[33] Abbott, J. & Ryan, T. (1999). Constructing Knowledge and Shaping Brains. Disponible en: http://www.21learn.org.

[34] Iturrizaga, I. M. (2000). *Study of Educational Impact of the LEGO Dacta Materials - INFOESCUELA - MED.* Recuperado el 20 de Octubre de 2014 de http://cache.lego.com/downloads/education/infoescuela.pdf

[35] Moundridou, M., & Kalinoglou, A. (2008). Using LEGO Mindstorms as an Instructional Aid in Technical and Vocational Secondary Education: Experiences from an Empirical Case Study. In *Times of Convergence, Technologies Across Learning Contexts* (pp. 312-321). Maastricht, Países Bajos: Springer Berlin Heidelberg.

[36] Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO Training on Pupils' School Performance in Mathematics, Problem Solving Ability and Attitude: Swedish Data. *Educational Technology & Society , 9* (3), 182-194.

[37] Furman, M. (2013). *Orientaciones técnicas para la producción de secuencias didácticas para un desarrollo profesional situado en las áreas de matemáticas y ciencias.* Ministerio de Educación Nacional. Bogotá: Viceministerio de Educación Preescolar, Básica y Media Ministerio de Educación Nacional.

[38] Johnson, D. W., Johnson, R., & Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula.* Buenos Aires: Editorial Paidós.

[39] DANE. Educación Formal: Información definitiva año 2013 Establecimientos (jornada) por sector. Disponible en: http://www.dane.gov.co/index.php/es/educacion-cultura-gobierno-alias/poblacion-escolarizada/89-sociales/educacion/3901-educacion-formal

[40] Velásquez, L.M. (Agosto de 2014). Preparar mejores docentes es la clave para la calidad. *elColombiano*. Recuperado en Noviembre 27 de 2014 de: http://www.elcolombiano.com/preparar_mejores_docentes_es_la_clave_para_la_calidad-EGEC_307425

[41] Amador, J. (2012). Juguetes LEGO. *Materiales Plásticos*. Recuperado en Noviembre de 2014 de http://materialesplasticos2012jorgeaaf.blogspot.com/2012/10/juguetes-lego.html

[42] The LEGO Foundation. (2012). *Who we are*. Recuperado el 7 de Octubre de 2014 de The LEGO foundation: http://www.legofoundation.com/en-us/who-we-are/our-bold-journey/

[43] Ministerio de Educación Nacional. (Mayo de 2010). *Estadísticas del Sector Educativo*. Recuperado en Junio de 2014 de http://menweb.mineducacion.gov.co/seguimiento/estadisticas/

[44] López, C. A. (2010). *Determinantes del acceso y uso de las TIC: Alfabetismo digital en Colombia.* Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Bogotá: http://archivo.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/Prensa/Leyes,%20Decretos%20y%20Resoluciones%20MINTIC/PresentacionSondeoCiudadanodigital.pdf.

ANEXOS

ANEXO 1: ESTÁNDARES MATEMÁTICAS Y CIENCIAS

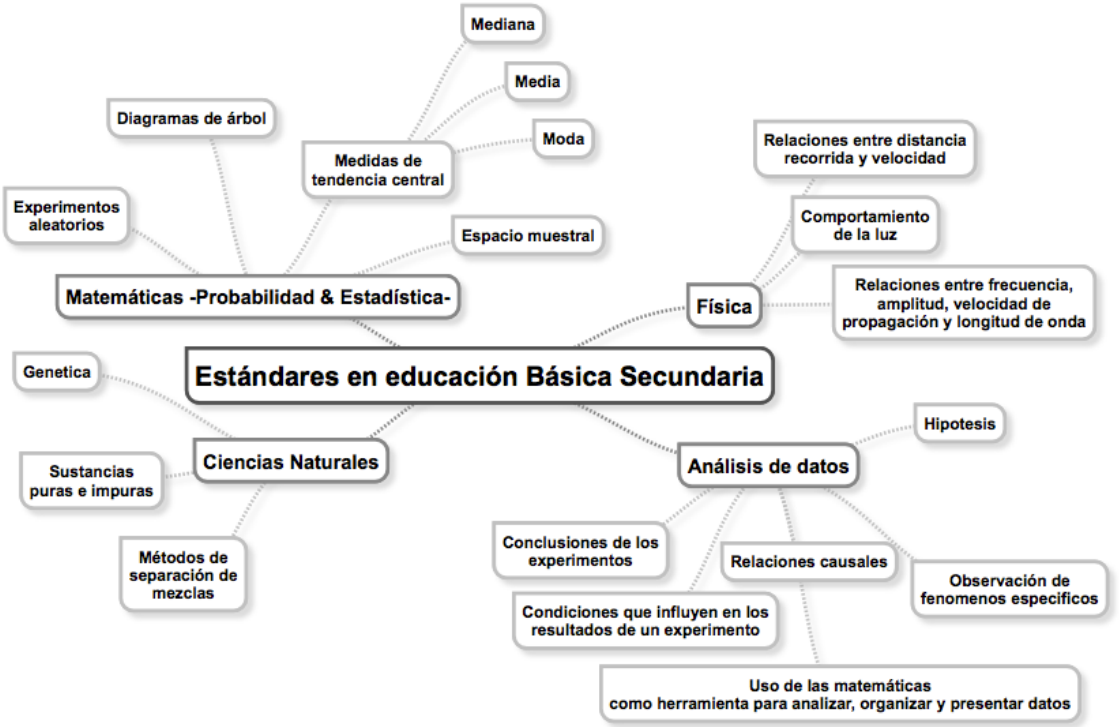


FIG. 2 RESUMEN ESTÁNDARES EN MATEMÁTICAS Y CIENCIAS

ANEXO 2: ESTADO ACTUAL DE LA EDUCACIÓN

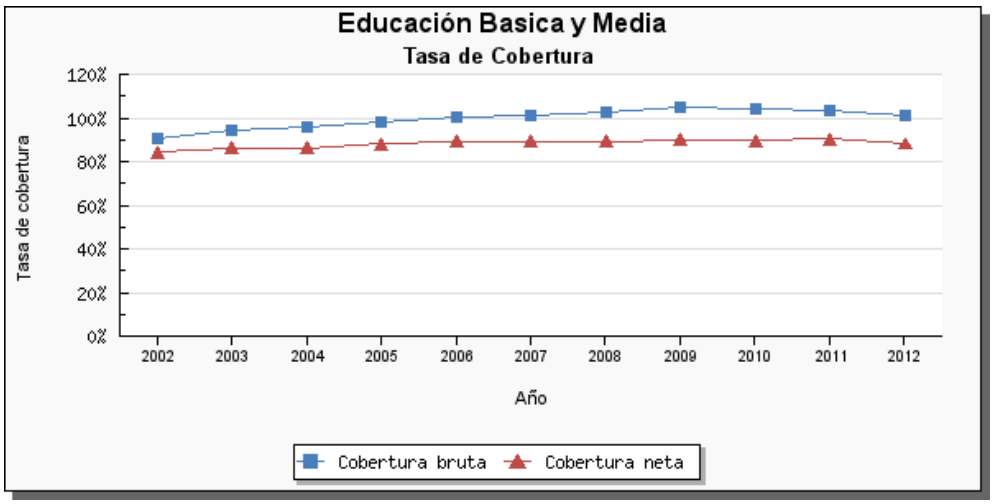


FIG. 3 TASA DE COBERTURA EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA [43]

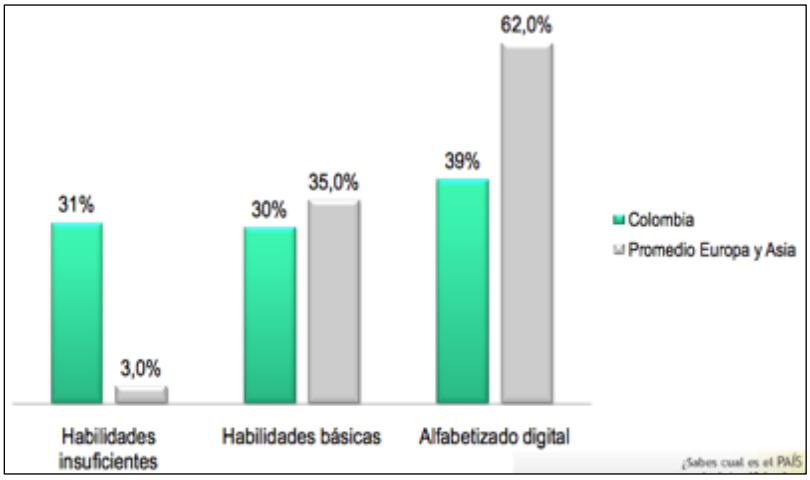


FIG. 4 TASA DE ALFABETIZACIÓN DIGITAL [44]

ANEXO 3: CALIDAD DOCENTE SEGÚN DIMENSIONES DEL MARCO COMPARTIR

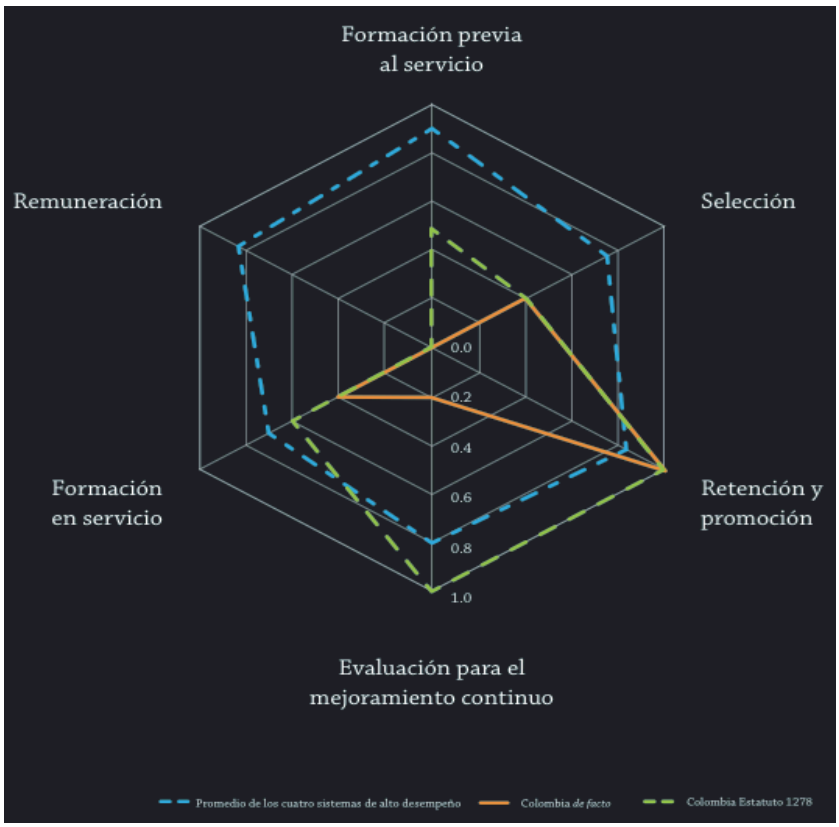


FIG. 5 CALIFICACIÓN PROMEDIO DE COLOMBIA EN LAS SEIS DIMENSIONES DEL MARCO DE REFERENCIA [22]

ANEXO 4: RESULTADOS DE PRUEBAS

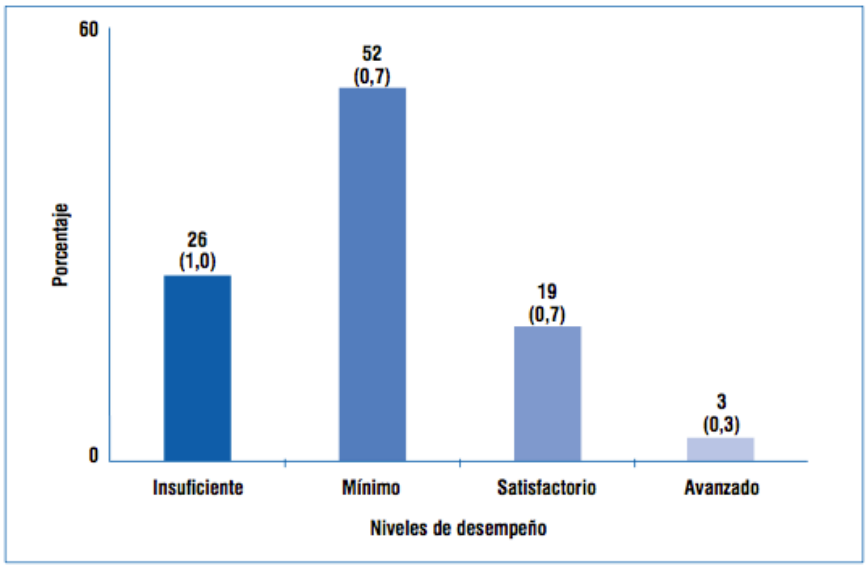


FIG. 6 PORCENTAJE DE ESTUDIANTES DE NOVENO SEGÚN SU DESEMPEÑO EN MATEMÁTICAS EN PRUEBAS SABER 9º 2009 [23]

Países	Matemáticas			Lectura			Ciencias		
	5 y 6 (%)	2 (%)	< 2 (%)	5 y 6 (%)	2 (%)	< 2 (%)	5 y 6 (%)	2 (%)	< 2 (%)
Chile	1,6	25,3	51,5	0,6	35,1	33,0	1,0	34,6	34,5
México	0,6	27,8	54,7	0,4	34,5	41,1	0,1	37,0	47,0
Uruguay	1,4	23,0	55,8	0,9	28,9	47,0	1,0	29,3	46,9
Costa Rica	0,6	26,8	59,9	0,6	38,1	32,4	0,2	39,2	39,3
Brasil	0,8	20,4	67,1	0,5	30,1	49,2	0,3	30,7	53,7
Argentina	0,3	22,2	66,5	0,5	27,3	53,6	0,2	31,1	50,9
Colombia	**0,3**	**17,8**	**73,8**	**0,3**	**30,5**	**51,4**	**0,1**	**30,8**	**56,2**
Perú	0,6	16,1	74,6	0,5	24,9	59,9	0,0	23,5	68,5
Promedio OCDE	12,6	22,5	23,0	8,4	23,5	18,0	8,4	24,5	17,8
Shanghái	55,4	7,5	3,8	25,1	11,0	2,9	27,2	10,0	2,7

FIG. 7 PORCENTAJE DE ESTUDIANTES POR NIVELES EN PRUEBAS PISA SEGÚN OECD [24]

	Matemáticas				Lectura				Ciencias			
	Promedio	5 y 6 (%)	2 (%)	< 2 (%)	Promedio	5 y 6 (%)	2 (%)	< 2 (%)	Promedio	5 y 6 (%)	2 (%)	< 2 (%)
2006	370	0,4	18,2	71,9	385	0,6	25,2	55,7	388	0,2	27,2	60,2
2009	381	0,1	20,3	70,4	413	0,6	30,6	47,1	402	0,1	30,2	54,1
2012	376	0,3	17,8	73,8	403	0,3	30,5	51,4	399	0,1	30,8	56,2

FIG. 8 VARIACIÓN DE RESULTADOS EN COLOMBIA EN PRUEBAS PISA 2006, 2009, 2012 [24]

País	Números		Álgebra		Geometría		Datos y probabilidad	
Argelia	403	▼	349	▼	432	▼	371	▼
Armenia	492	▼	532	▲	493		427	▼
Australia	503		471	▼	487	▼	525	▲
Colombia	**369**	▼	**390**	▼	**371**	▼	**405**	▼
Corea	583	▲	596	▲	587	▲	580	▲
El Salvador	355	▼	331	▼	318	▼	362	▼
Estados Unidos[2†]	510	▲	501		480	▼	531	▲
Hong Kong[†]	567	▲	565	▲	570	▲	549	▲
Hungría	517	▲	503		508	▲	524	▲
Inglaterra[†]	510		492		510	▲	547	▲
Irán	395	▼	408	▼	423	▼	415	▼
Italia	478	▼	460	▼	490	▼	491	▼
Rusia	507		518	▲	510	▲	487	▼
Singapur	597	▲	579	▲	578	▲	574	▲
Taipéi	577	▲	617	▲	592	▲	566	▲
Turquía	429	▼	440	▼	411	▼	445	▼
Ucrania	460	▼	464	▼	467	▼	458	▼
Promedio TIMSS	**500**		**500**		**500**		**500**	

FIG. 9 PROMEDIOS POR DOMINIO EN MATEMÁTICAS EN OCTAVO GRADO EN PRUEBAS TIMSS 2007 [25]

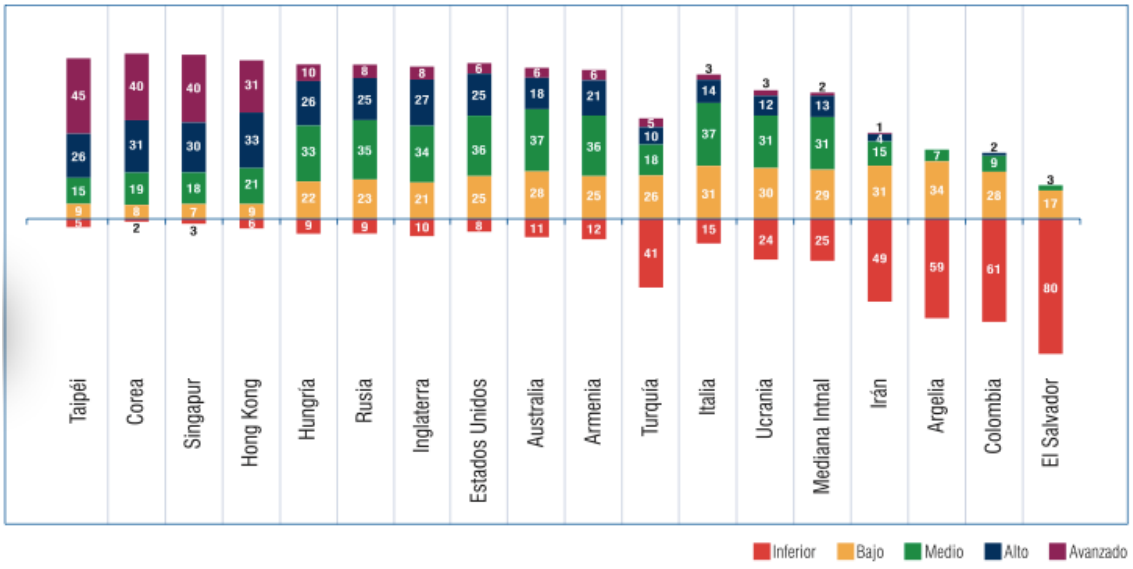


FIG. 10 PORCENTAJE DE ESTUDIANTES POR NIVEL EN MATEMÁTICAS EN OCTAVO GRADO EN PRUEBAS TIMSS [25]

ANEXO 5: RESULTADOS PISA Y EQUIDAD EDUCATIVA

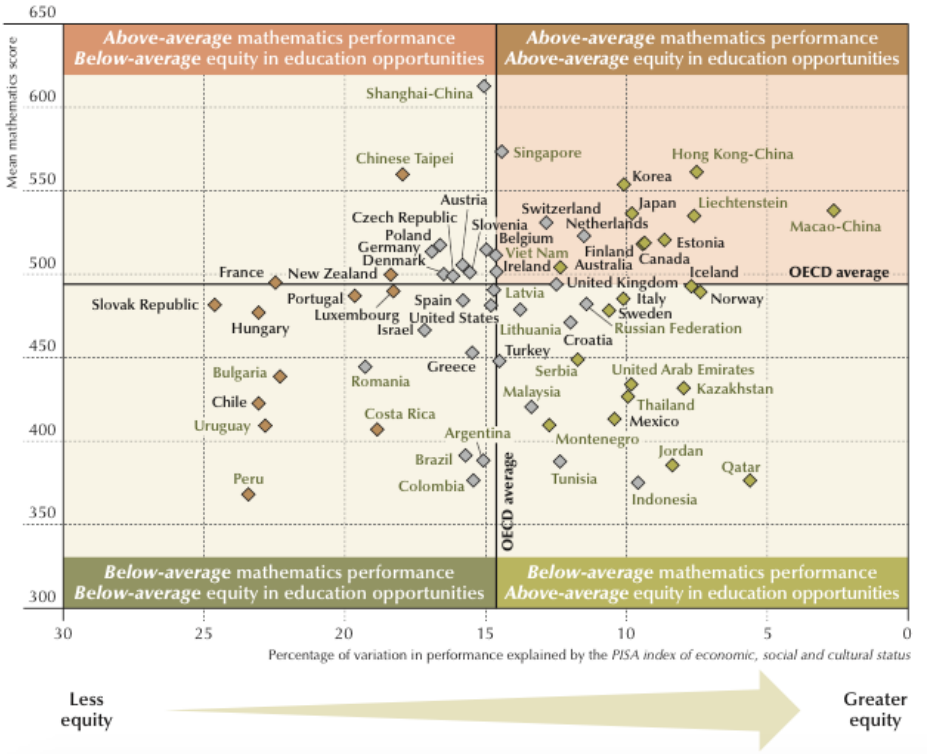


FIG. 11 DESEMPEÑO Y EQUIDAD [3]

ANEXO 6: SENSORES INCLUIDOS EN EL KIT LEGO

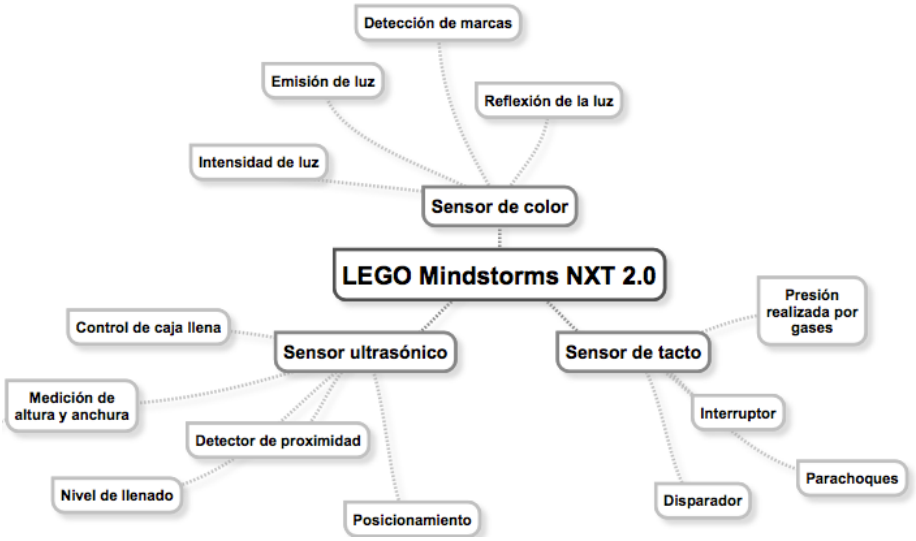


FIG. 12 SENSORES DEL KIT LEGO Y SUS APLICACIONES

ANEXO 7: DOCUMENTOS DE APOYO PARA DOCENTES Y ESTUDIANTES

DATA-BOT

MÓDULO STEM DIRIGIDO A ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA

ORIENTACIONES GENERALES ACERCA DEL PROYECTO

DESCRIPCIÓN

El proyecto está basado en un ambiente de aprendizaje constructivista, lo que significa que el aprendizaje y la adquisición de conocimientos la construye cada individuo con sus propios conocimientos a medida que los van descubriendo por experimentación. En este tipo de ambientes de aprendizaje tanto los docentes como los estudiantes tienen una participación activa, a diferencia de la educación tradicional en la cual el profesor imparte un conocimiento a sus alumnos y estos simplemente deben memorizarlo.

Actividades relacionadas con física, matemáticas, robótica e ingeniería se pueden encontrar a lo largo de este proyecto, el cual tiene un objetivo final y para llegar a éste se debe pasar por seis módulos iniciales, siendo cada módulo una actividad específica que busca desarrollar algún tipo de conocimiento en los estudiantes, ya sean habilidades de programación, lógica o conceptos propios de las áreas de estudio. Los módulos están diseñados para tener un grado de dificultad ascendente, ya que a medida que los estudiantes han desarrollado con éxito el primero, los conocimientos y destrezas adquiridas le serán de utilidad para la siguiente actividad. La última actividad del proyecto corresponde a una competencia en la cual todos los grupos de trabajo deberán demostrar lo que han aprendido y ponerlo en práctica para lograr vencer a sus oponentes.

Al finalizar el proyecto, se espera que los estudiantes hayan desarrollado habilidades de programación, comprendido conceptos de física como velocidad, espectro de luz visible, sonido, frecuencia y velocidad angular. Así mismo, se realiza un gran énfasis en la toma de datos de forma adecuada, con el fin de que una vez realizado el experimento los estudiantes tengan la posibilidad de analizar los datos correctamente, aplicando términos de probabilidad y estadística como media, mediana, moda, desviación estándar, rango, valor mínimo y máximo, entre otros. Por último, se sugiere el estudio de conceptos básicos de electrónica como son precisión, exactitud e histéresis para la caracterización de sensores.

GRUPO OBJETIVO

Este proyecto está pensado para la implementación en educación básica secundaria en establecimientos educativos de Colombia, específicamente en los cursos sexto y séptimo. Con tal fin, se proveen guías tanto para los docentes encargados de ponerlo en práctica, como para los alumnos que están en los cursos anteriormente mencionados.

TIEMPOS

El proyecto cuenta con un total de siete módulos, cada uno de los cuales va adquiriendo un mayor grado de complejidad a medida que los estudiantes van obteniendo nuevos conocimientos en temas de física, matemáticas y robótica. Para cada uno de los módulos se requiere un tiempo de 2 a 3 horas, y algunos de estos requieren una investigación previa de conceptos que les serán de gran ayuda en el desarrollo de la actividad a realizar, por lo que se sugiere una hora de trabajo individual fuera del aula de clase, ya sea que se programe una hora de investigación contando con los computadores de la institución educativa, o que cada cual lo desarrolle en su casa, dependiendo de las facilidades con que cuenten tanto el colegio como los estudiantes.

Es importante, que el docente intente seguir los tiempos sugeridos; sin embargo, si se observa que se requiere un poco más de tiempo es alguna actividad, se recomienda ser flexible para de esta manera lograr los mejores resultados.

INTEGRACIÓN EN EL PROGRAMA ESCOLAR

El estudio de robótica mediante herramientas LEGO puede aplicarse a diferentes áreas del conocimiento, por lo que puede ser concebida como una herramienta de gran versatilidad y aplicabilidad en áreas relacionadas con Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM). En este caso en particular los módulos están desarrollador para profundizar temas de física, aprender conceptos básicos de programación y a su vez comprender la utilidad de las estadísticas en el análisis de datos; por lo anterior, se considera que es una herramienta adaptable a cursos de física y de probabilidad y estadística.

Sin embargo, dado que es una herramienta que no solo soporta las áreas anteriormente mencionadas, sino que también ayuda a desarrollar habilidades en cuanto al desarrollo del lenguaje tanto oral como escrito, y competencias especificas como el trabajo en grupo, la

creatividad, la resolución de problemas, entre otras; es posible considerar este proyecto como un curso extracurricular de robótica, que puede servir de apoyo a todas las áreas ya mencionadas.

TRABAJO EN GRUPO

Entre las características del trabajo colaborativo presente en un ambiente de aprendizaje constructivista está la implicación de asumir proyectos compartidos, para de esta manera articular esfuerzos y talentos en pro de un objetivo común. Trabajar en equipo inicialmente no es fácil por diversos motivos como la falta de comunicación, la falta de confianza, malos entendidos o simplemente por la costumbre de hacer las cosas individualmente; por esto, el profesor debe al inicio del proyecto estar muy pendiente de las interacciones en los grupos, para que efectivamente se desarrolle un trabajo grupal en el que todos participen y haya complementariedad en la contribución de todos los miembros del grupo.

Los grupos deben ser de tres o cuatro personas, ya que se ha demostrado que en grupos de dos no hay las suficientes interacciones para incentivar una comunicación abierta y mejoras en las soluciones, y en el caso de grupos mas grandes puede ocurrir que algunos miembros no aporten nada al grupo o que los procesos de toma de decisiones requieran de mayor tiempo.

Sí bien es comprensible que no todos estarán trabajando en el mismo proceso al mismo tiempo, es importante que al iniciar la actividad todos aporten ideas y busquen soluciones, de un buen trabajo en equipo dependerá la solución final y el desempeño a lo largo del proyecto.

CONDICIONES DE APRENDIZAJE ÓPTIMAS

Para obtener el máximo beneficio de estas herramientas de aprendizaje se debe tener muy claro que se trata de un enfoque colaborativo, donde todos los miembros presentes en la actividad pueden aportar distintos conocimientos, preguntas, sugerencias; en cuanto al docente, debe ser claro que su misión es motivar y ayudar a fin de facilitar de forma eficaz el proceso de aprendizaje, y por último, la toma de notas por parte de cada uno de los estudiantes es fundamental, pues cada persona tiene un proceso de aprendizaje diferente y es importante que cada uno de aprenda a tomar notas acerca de datos que les serán de utilidad para realizar futuros análisis y para concluir acerca de lo aprendido en cada módulo.

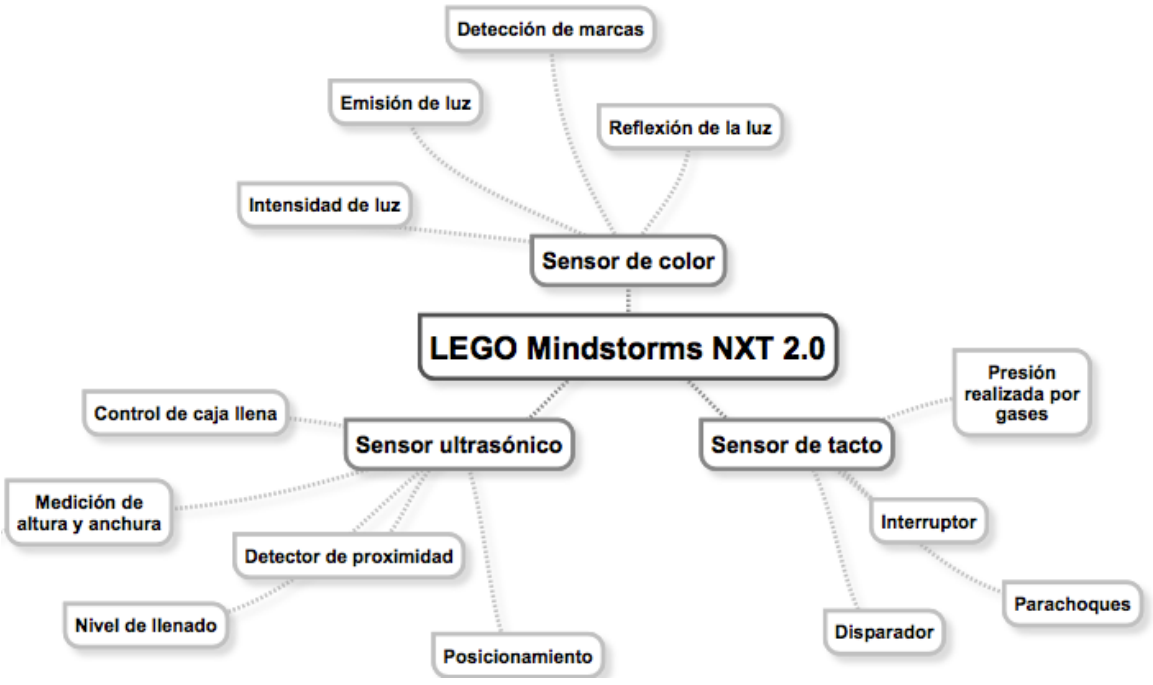
En relación con el espacio físico, éste debe contar con computadores y estar en un espacio amplio, en el que los estudiantes puedan probar sus creaciones, evaluando el correcto funcionamiento y las posibles mejoras, en algunos casos será necesario disponer de una pista para realizar las actividades, por lo que se requiere que el lugar de trabajo tenga un espacio libre de 2x2 metros.

Los computadores deben ser suficientes para que cada grupo tenga un computador a su disposición, estos deben contar con sistema operativo Windows XP o superior, o iOS 10.6 o superior. El software LEGO Mindstorms puede ya estar en la memoria del computador o puede ser descargado por los estudiantes.

ORIENTACIONES GENERALES ACERCA DE LEGO MINDSTORMS®

El LEGO Mindstorms NXT permite a los estudiantes desarrollar el conocimiento por ellos mismos a través de juegos y actividades basándose en las teorías constructivistas "jugar puede contribuir a la creación de nuevos conocimientos, partiendo del conocimiento que los estudiantes ya han adquirido". Para esto, el kit permite construir modelos robóticos integrados con una gran versatilidad. Esta versión cuenta con 619 piezas, entre las cuales hay **4 sensores** y **3 motores**, adicionalmente se pueden adquirir otros sensores si se desea realizar alguna función mas específica. El **sensor ultrasónico** lee la distancia existente entre éste y un objeto, el **sensor de toque** detecta cuando se presiona, y el **sensor de color** detecta el color de una superficie así como la intensidad lumínica en un ambiente determinado.

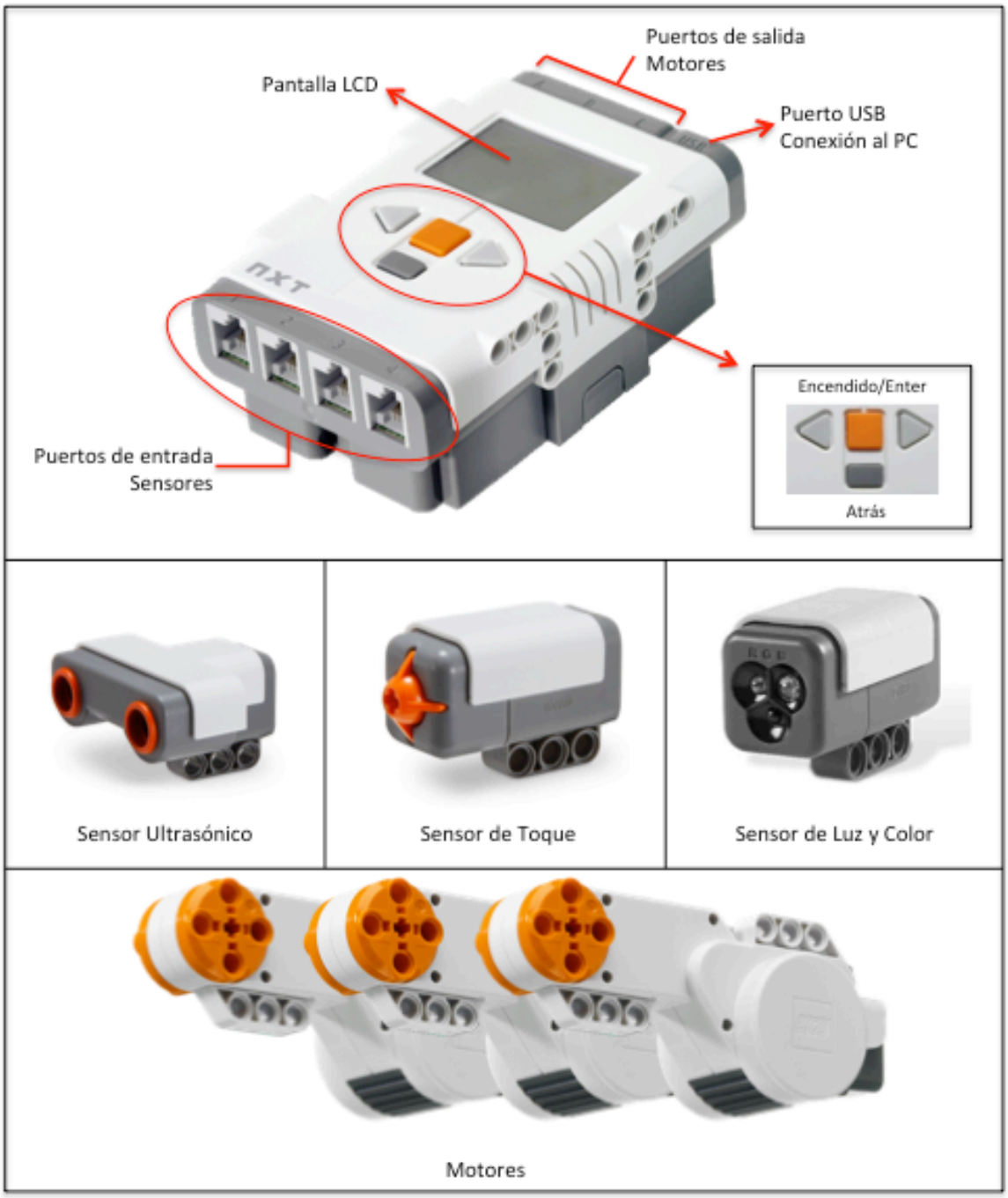
Algunas de las posibles aplicaciones de estos sensores se encuentran a continuación:



Las tareas de control, por otra parte, están a cargo de un bloque especifico llamado el **NXT**, este es un microcontrolador de 32bits, con bloques de memoria de 256kb (flash) y de 64kb (RAM). Cuenta con cuatro entradas para sensores, tres salidas para motores y un puerto USB, además

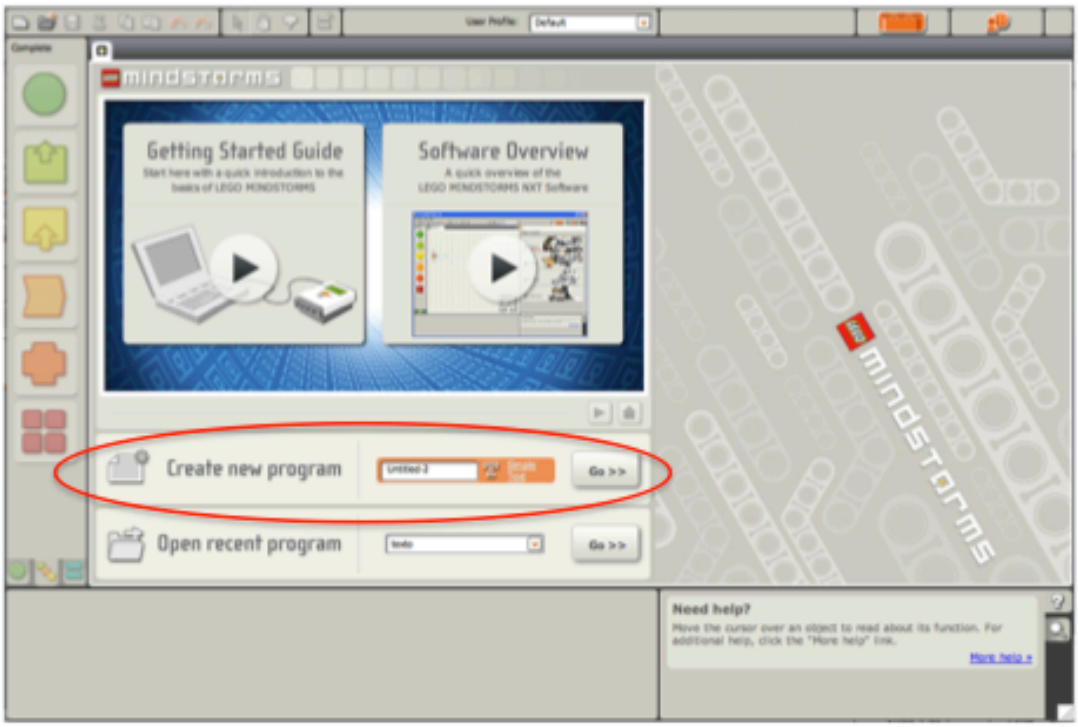
de una pantalla LCD en la cual se puede ver el estado de los sensores, de la batería y valores predeterminados.

ALGUNAS PARTES DEL KIT

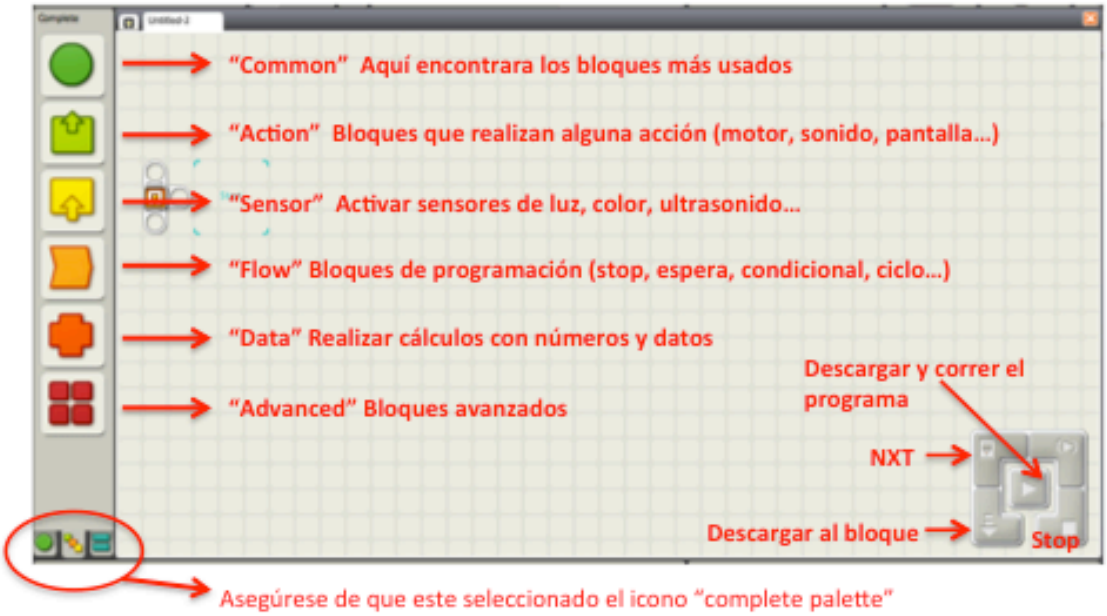


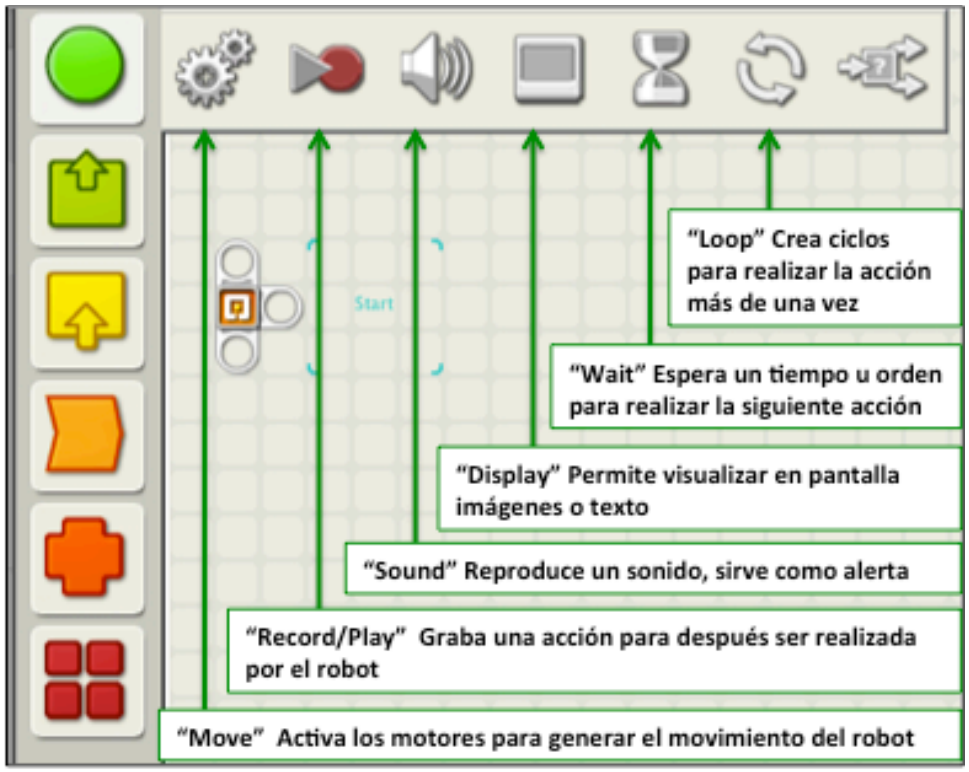
EL SOFTWARE LEGO NXT 2.0

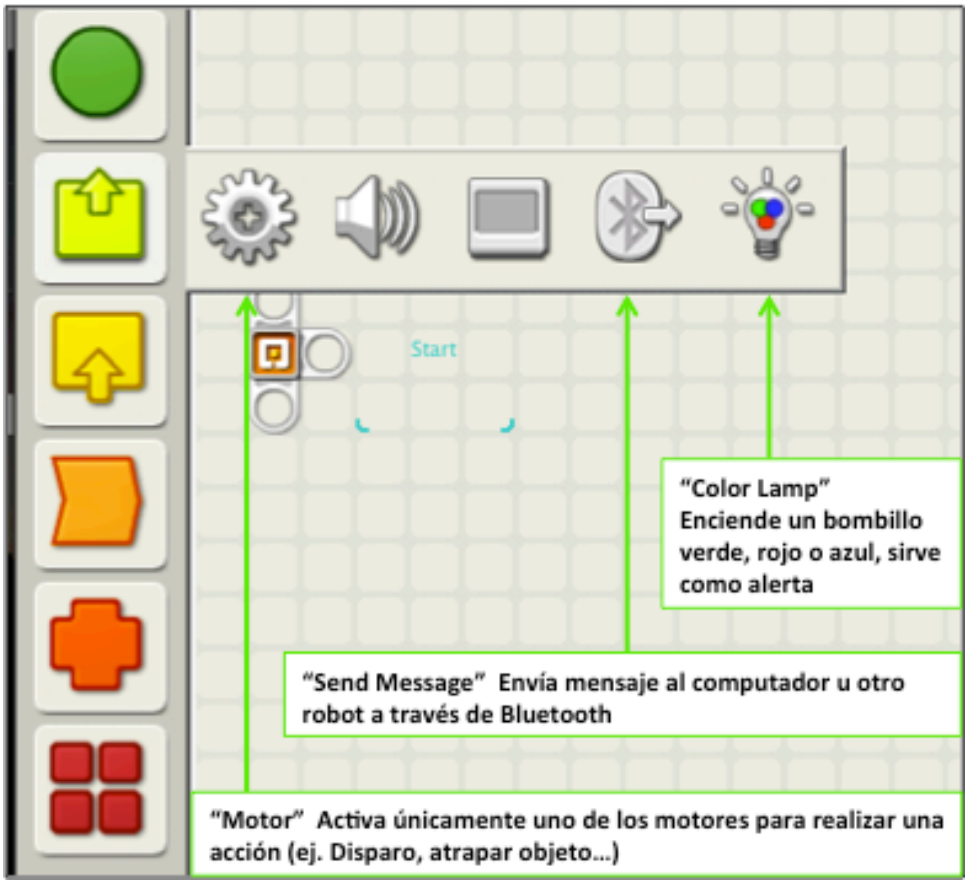
Primer Paso: Asignarle un nombre al proyecto y click en Go>>

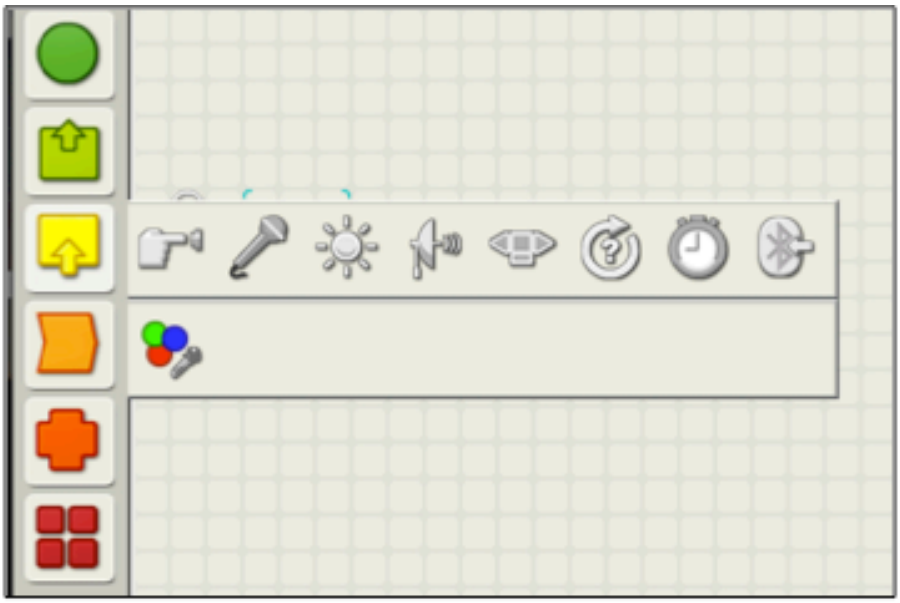


Segundo Paso: Entendiendo los iconos del programa




Start
"Loop" Crea ciclos para realizar la acción más de una vez
"Wait" Espera un tiempo u orden para realizar la siguiente acción
"Display" Permite visualizar en pantalla imágenes o texto
"Sound" Reproduce un sonido, sirve como alerta
"Record/Play" Graba una acción para después ser realizada por el robot
"Move" Activa los motores para generar el movimiento del robot


Start
"Color Lamp" Enciende un bombillo verde, rojo o azul, sirve como alerta
"Send Message" Envía mensaje al computador u otro robot a través de Bluetooth
"Motor" Activa únicamente uno de los motores para realizar una acción (ej. Disparo, atrapar objeto...)



"Touch Sensor"
Sensor que se activa mediante toque

"Sound Sensor"
Sensor que detecta la intensidad del sonido

"Light Sensor"
Sensor que detecta la intensidad de la luz

"Ultrasonic Sensor"
Sensor que detecta objetos y distancias

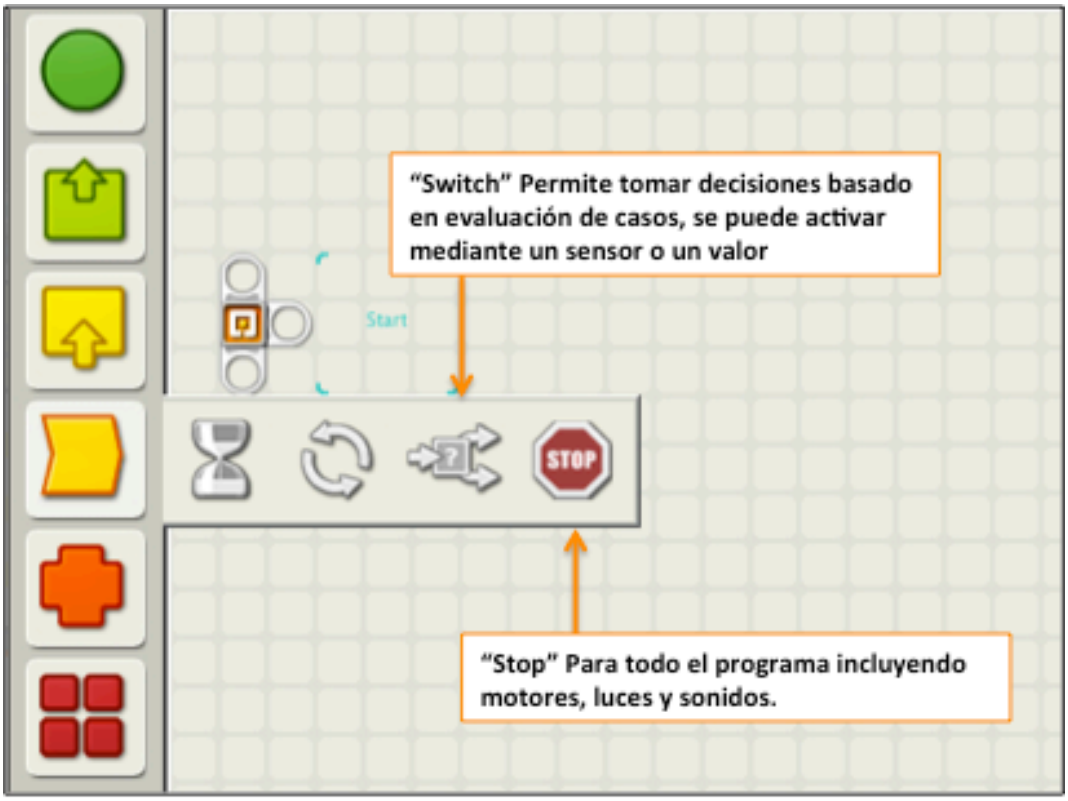
"NXT Buttons"
Funciona como control remoto para el robot

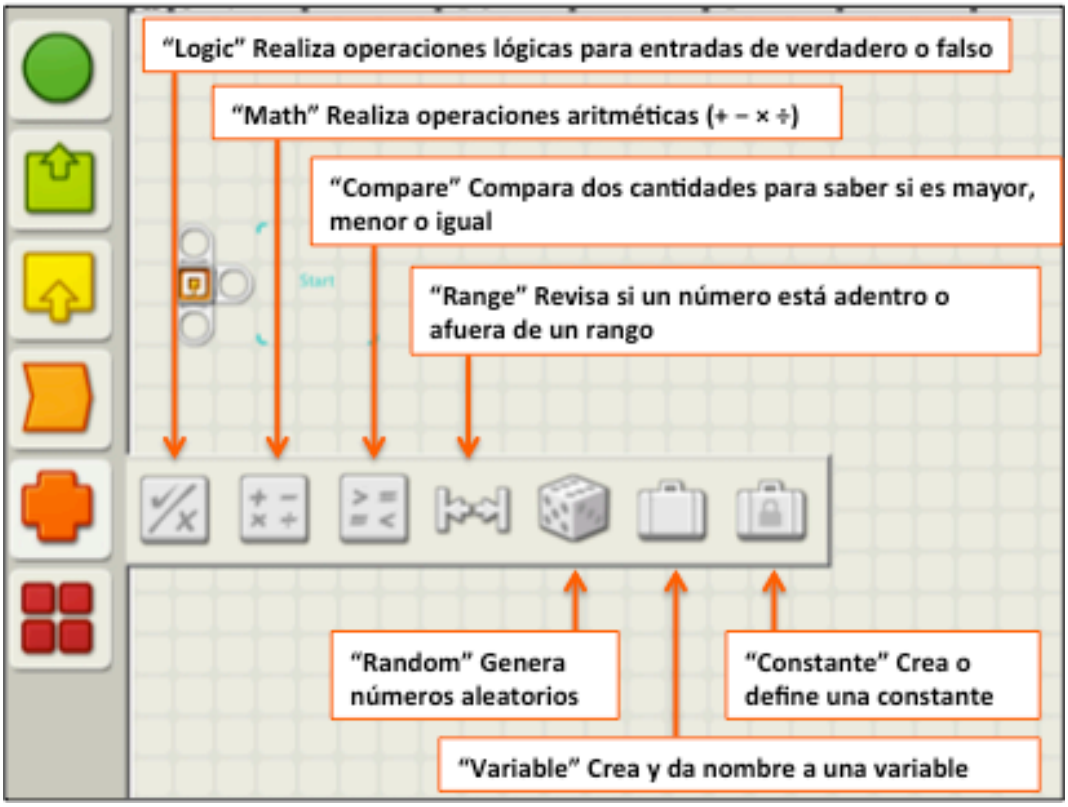
"Rotation Sensor"
Cuenta el número de rotaciones o grados

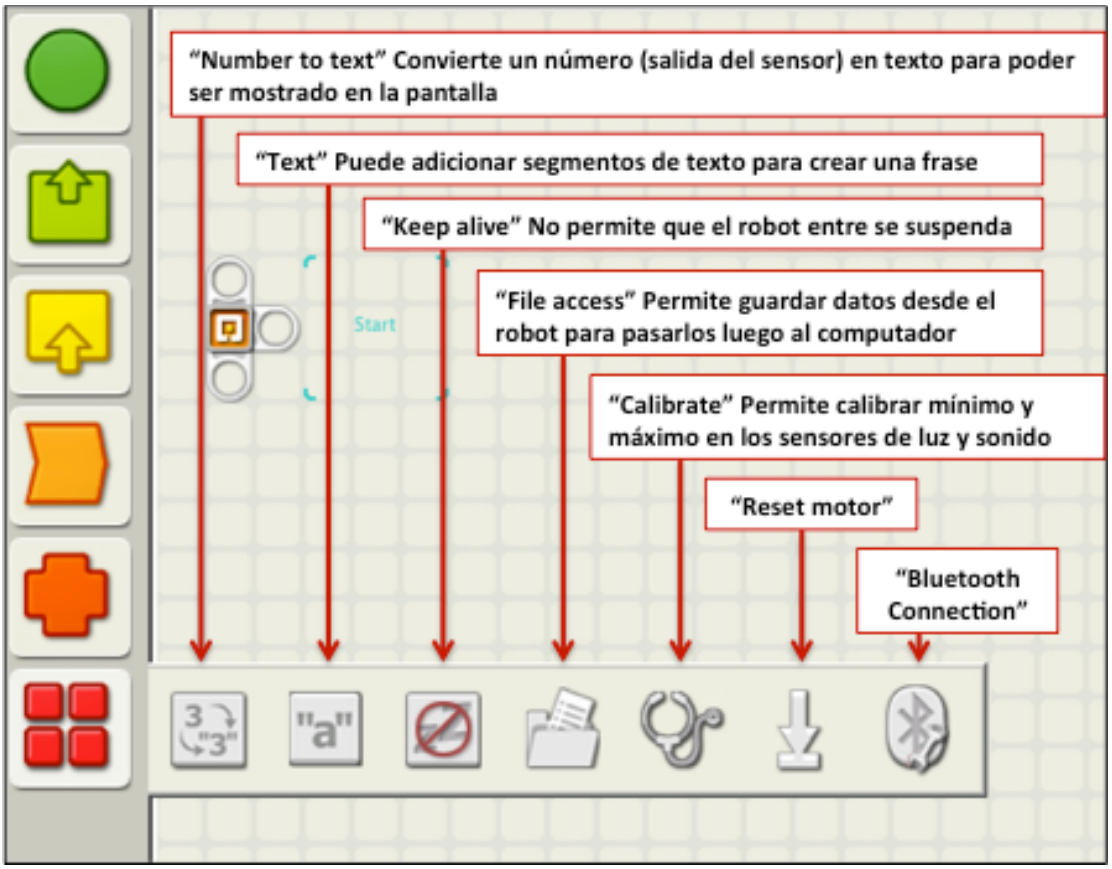
"Timer"
Activa los contadores cuando el usuario lo desee

"Receive Message"
Recibe mensajes en el módulo de control

"Color Sensor"
Detecta colores y mide la intensidad de la luz


"Switch" Permite tomar decisiones basado en evaluación de casos, se puede activar mediante un sensor o un valor
Start
STOP
"Stop" Para todo el programa incluyendo motores, luces y sonidos.


"Logic" Realiza operaciones lógicas para entradas de verdadero o falso
"Math" Realiza operaciones aritméticas (+ − × ÷)
"Compare" Compara dos cantidades para saber si es mayor, menor o igual
Start
"Range" Revisa si un número está adentro o afuera de un rango
"Random" Genera números aleatorios
"Constante" Crea o define una constante
"Variable" Crea y da nombre a una variable



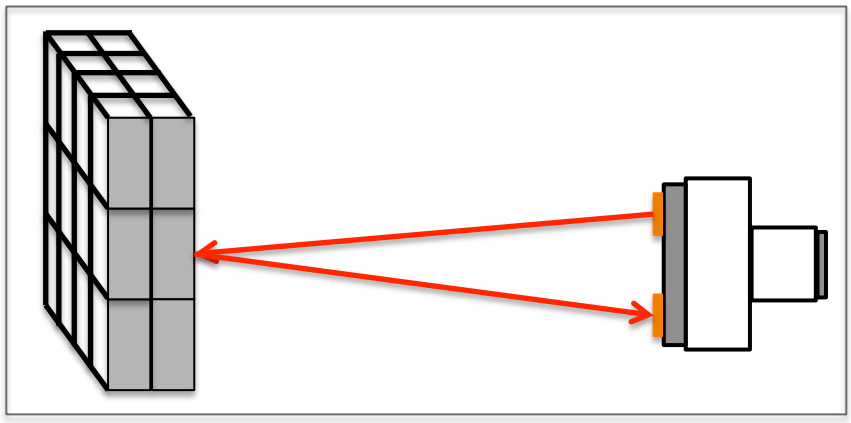
LOS SENSORES

La función que cumplen los sensores en un robot es permitirles ver o sentir de una forma similar a la que los humanos lo hacen, recolectando información acerca de fenómenos que suceden a su alrededor. Como ya se mencionó previamente, el kit cuenta con 3 sensores diferentes, los cuales serán explicados a continuación.

Sensor Ultrasónico

Este sensor puede considerarse como los ojos del robot, el cual le permite al robot ver y reconocer obstáculos, evadirlos, medir distancias y detectar movimiento. Su rango de operación va desde 0 a 250 centímetros con una precisión de ±3cm, proporcionando una lectura más exacta cuando los objetos son de mayo tamaño y superficies planas, que cuando son objetos curvos y pequeños.

El principio de funcionamiento se basa en la medición de la distancia calculando el tiempo que le toma a las ondas de sonido chocar con un objeto y devolverse, como el eco.



Sensor de Color

El sensor de luz y color permite al robot detectar diferenciar entre luz y oscuridad, leer la intensidad de luz en un espacio y medir la intensidad de luz en superficies de colores para reconocer a que color corresponde. Adicionalmente este sensor puede ser utilizado como una lámpara para generar luz de color.

Este sensor puede detectar seis colores: negro, blanco, azul, verde, amarillo, rojo.

Sensor de toque

Es el equivalente a la piel en los seres humanos, ya que por medio de este el robot puede sentir y reaccionar frente a las cosas que lo rodean. El área naranja del sensor funciona como un interruptor, registrando dos estados diferentes, presionado o liberado, los cuales son registrados por el robot como ‘1’ o ‘0’ respectivamente.

GUÍAS PARA DOCENTES

MÓDULO STEM DIRIGIDO A ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA

LISTADO DE RETOS

Reto 1: Movimiento del motor

- Lograr que el robot se dirija hacia adelante por un tiempo determinado y hacia atrás durante el mismo tiempo, luego hacer que este se detenga.

Reto 2: Sensor ultrasónico

- Observar el comportamiento del sensor a medida que se aproxima a un objeto, registrando la distancia que detecta el sensor y comparándola con la distancia real existente entre el sensor y el obstáculo.

Reto 3: Movimiento con sensor ultrasónico

- Combinación de los dos retos anteriores haciendo que cada vez que el robot detecte un obstáculo active una señal y cambie de dirección hasta que detecte el siguiente, realizando 4 veces este procedimiento.

Reto 4: Sensor de color

- Observar el comportamiento del sensor frente a diferentes colores y el rango de detección del mismo.

Reto 5: Sensor de color y movimiento

- Detectar color mediante el sensor y emitir un sonido para cada color que detecte, asignando una acción de movimiento a cada color (rojo: para, verde: acelera, azul: derecha, amarillo: izquierda)

Reto 6: Toma y análisis de datos

- Mediante el sensor ultrasónico recorrer una distancia hacia adelante y hacia atrás guardando los datos de la distancia que el sensor observa hasta el obstáculo para posteriormente analizarlos estadísticamente

Reto Final: Carrera de obstáculos con selección de color

- Lograr que el robot recorra una pista hasta encontrar un objeto, el cual en caso de ser rojo será contado como un logro y en caso de ser de un color diferente debe ser dejado tal y como está para seguir buscando hasta encontrar objetos de color rojo.

RETO 0: INTRODUCCIÓN A LEGO

TENER UN PRIMER ACERCAMIENTO AL KIT DE LEGO MINDSTORMS, PARA DE ESTA MANERA CONOCER LAS PARTES MÁS IMPORTANTES, EL MANEJO DEL SOFTWARE CON CADA UNO DE SUS BLOQUES E INICIAR LA INTERACCIÓN CON ESTE.

Objetivos

- Lograr exponer las expectativas de los estudiantes con respecto al trabajo con herramientas LEGO, en cuanto a los beneficios que puede brindar el uso de robots educativos en un aula de clase.
- Los estudiantes tendrán un primer acercamiento con el entorno gráfico de Lego Mindstorms, conociendo cada uno de sus bloques y la utilidad de los mismos y creando un programa de un alto grado de sencillez que permita reproducir un sonido tan pronto se pone en marcha el bloque de control

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador

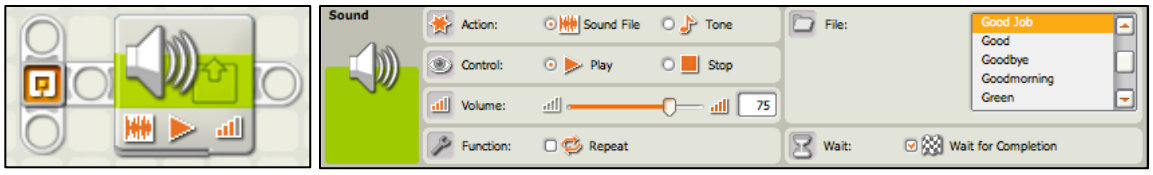
Desarrollo de la clase

Actividad	Tiempo
Dar una pequeña introducción a lo que será el curso, preguntando a los estudiantes que esperan aprender y que conocimientos previos tienen acerca de robótica; así como también, que ideas o conceptos previos tienen acerca de los robots.	15 minutos
Organizar grupos de trabajo de 4 personas para el desarrollo de todo el proyecto. El profesor puede seleccionarlos según su criterio o permitir que los estudiantes lo hagan.	5 minutos
Asignar un kit por grupo y pedirles que observen sus partes haciendo	20 minutos

conjeturas acerca de la utilidad de los sensores y el bloque de control. Entregar a cada grupo la descripción de las partes y del software que se encuentran en la segunda parte de este documento, o algún documento que sirva de guía a los estudiantes para la interacción con LEGO, como material de apoyo.	
Experimentar en el software la utilidad de cada uno de los bloques e intentar diseñar un programa sencillo que active un sonido, el sonido puede ser predeterminado o puede ser creado por los alumnos.	15 minutos
Puesta en común de la actividad realizada, sus aprendizajes, miedos y dificultades.	15 minutos
El profesor mostrará un ejemplo más avanzado de lo que se puede hacer con LEGO con el fin de motivar a los estudiantes	15 minutos
Por último el profesor dará un pequeño resumen de lo que será el siguiente reto, haciendo énfasis en la investigación previa que los estudiantes deben realizar a fin de lograr desarrollar eficientemente las actividades. Los estudiantes podrán comenzar su investigación en el aula de clase para que lleguen preparados para la siguiente.	30 minutos

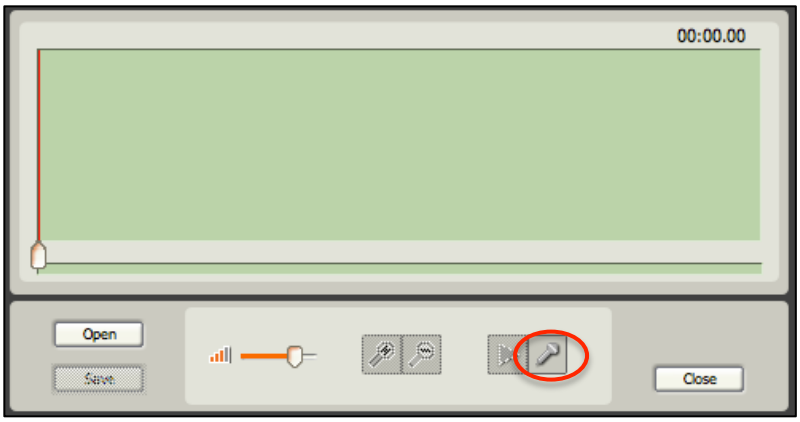
Actividad propuesta

Teniendo en cuenta la descripción de los bloques que se encuentra en la segunda parte de este documento, diseñar un pequeño programa que ejecute un archivo de audio tan pronto se inicialice el bloque de control.

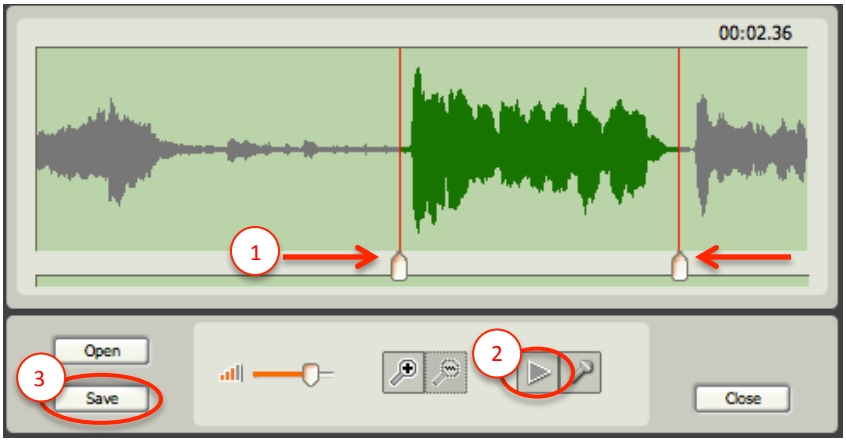


En caso de que se desee crear su propio sonido será necesario seguir los pasos a continuación:

Tools > Sound Editor



Hacer click en el micrófono y comenzar a grabar, una vez finalizado el mensaje a grabar hacer click nuevamente en el mismo icono y seguidamente en el botón “play”, escuchar la grabación y mediante los cursores seleccionar el segmento que será guardado para reproducirlo mediante el NXT. Hacer click en “Save”, asignarle un nombre y nuevamente click en “save”. A partir de este momento el sonido personalizado estará listo para ser usado.



Ejemplo a desarrollar por el docente

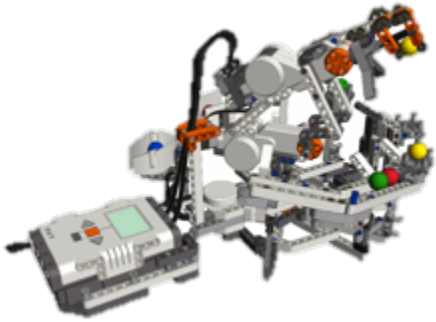
Se recomienda que el docente antes de finalizar la clase muestre a sus estudiantes un robot que él mismo haya diseñado con LEGO, con el fin de que los alumnos se motiven a trabajar con esta herramienta. Para lograr lo anterior, el ejemplo debe ser lo suficientemente atractivo y se recomienda que no sea similar al que se va a desarrollar a lo largo del proyecto, pues así comprenderán que LEGO es una herramienta de gran versatilidad con la que se pueden elaborar infinidad de proyectos.

A continuación se citan algunos de los ejemplos que se recomiendan, el docente puede seleccionar uno de estos o buscar algún otro modelo que le llame la atención:

- *Clasificador de pelotas*

Instrucciones de ensamblado:

http://cache.lego.com/upload/contentTemplating/Mindstorms2BuildingInstructions/otherfiles/downloadA2F1DD4F7A8814FA79CFC157C74764F4.pdf



Programa:

http://robotsquare.com/2012/03/03/tutorial-official-bonus-models/ >Stonehenge>Program2:Sorter

- *Trípode*

Instrucciones de ensamblado:

http://cache.lego.com/upload/contentTemplating/Mindstorms2BuildingInstructions/otherfiles/download2E501E65B000F4C730AEBCFFE4F643AD.pdf

Programa:

http://robotsquare.com/2012/03/03/tutorial-official-bonus-models/ >Tripod>Program

<u>Conceptos para la siguiente sesión</u>

- Modelos de ensamblaje de carros con LEGO, ventajas y desventajas de los modelos vistos
- ¿Cómo programar en LEGO?

RETO 1: MOVIMIENTO DEL MOTOR

LOGRAR QUE EL ROBOT SE DIRIJA HACIA DELANTE POR UN TIEMPO DETERMINADO Y HACIA ATRÁS DURANTE EL MISMO TIEMPO, LUEGO HACER QUE ESTE SE DETENGA.

Objetivos

- Usar ciclos (Loop) en el desarrollo del programa para lograr que la actividad que realice el robot se ejecute más de una vez, ya sea infinitamente, durante un tiempo o hasta completar un numero de ciclos.
- Realizar un desplazamiento en línea recta hacia delante durante 10 segundos, luego hacia atrás durante el mismo tiempo, observando los cambios que ocurren cuando se modifica la potencia del motor, el tipo de llantas y/o el sistema de engranajes.
- Desarrollar pseudo-códigos y aplicarlos para lograr una mayor comprensión del problema.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador

Desarrollo de la clase

Actividad	Tiempo
Los estudiantes se organizan en sus grupos de trabajo y discuten acerca de la actividad que se va a realizar, cada uno debe aportar ideas a la solución final habiendo investigado previamente, se les propondrá la realización de un pseudo-código partiendo de un ejemplo básico, con el fin de que tengan una mayor comprensión del problema antes de iniciar su desarrollo.	15 minutos
En este paso los estudiantes pueden dividir el trabajo para lograr mayor eficiencia, ya que se debe ensamblar el robot teniendo en cuenta engranajes, llantas, robustez y espacio para ubicar el módulo NXT; y a su	40 minutos

vez, se debe desarrollar el programa en el computador que permita el desplazamiento en los dos sentidos durante el tiempo establecido. El profesor debe pasar por cada uno de los grupos revisando el trabajo y haciendo algunas preguntas acerca de las decisiones tomadas, como ¿por qué ese tipo de llantas? ¿Por qué usar el bloque 'move' y no 'motor' o viceversa?	
Descargar el programa realizado en el computador al bloque de control y revisar el correcto funcionamiento del robot, es decir que realice las acciones para las que fue diseñado el programa anterior	5 minutos
Los estudiantes realizarán los cambios necesarios, probando qué ocurre si se cambian las llantas, si se quitan los engranajes, si se usa un bloque y no el otro o si se cambia la potencia 'power' del motor. Mientras tanto el profesor adaptará un espacio del salón para que sea la pista, este espacio debe tener una longitud de dos metros aproximadamente, ubicando un punto de inicio en el cual se realizará una carrera entre dos grupos.	20 minutos
Una vez los grupos estén preparados, se llaman a dos grupos a que pongan su carro en el punto de partida y lo inicien, se revisa cual llega más lejos y si ambos logran volver exactamente a la línea de inicio, a partir de esto deben compartir información y revisar entre los dos grupos cuales son las principales diferencias que hacen que uno llegue más lejos que el otro o que hace que uno termine exactamente donde inició y el otro no.	30 minutos
Puesta en común de los resultados encontrados y resolución a preguntas realizadas por el profesor una vez terminada la actividad. Presentación del reto siguiente.	10 minutos

Propuesta de ensamblaje del robot

El ensamblaje del robot se debe dejar por cuenta de los estudiantes explicándoles que la necesidad final es un **carro** que recorra una pista; así, los estudiantes deben imaginarse los diseños o revisar algunas referencias que les ayuden en la creación de este. Sin embargo, en caso de ser necesario para algún grupo se puede sugerir el modelo que se encuentra en el

enlace, ya que es un modelo robusto que permite realizar múltiples tareas. Es importante tener en cuenta que un buen diseño en este caso repercutirá en un buen desarrollo de todo el proyecto.

Ver:

> Nxtprograms.com: Fun Projects for your LEGO® MINDSTORMS® NXT!
>
> http://www.nxtprograms.com/NXT2/multi-bot/vehicle/steps.html

Pseudo-código

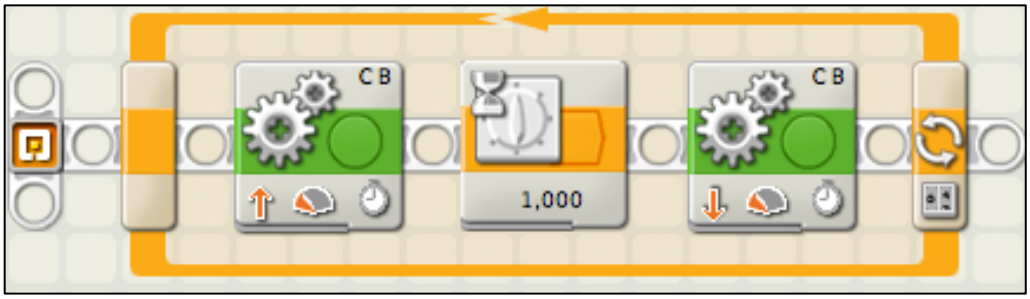
Si bien el NXT se debe programar mediante el software, es de gran ayuda pensar en términos sencillos cómo debe ser este código, sabiendo exactamente qué se quiere que haga el robot. Una buena idea es hacer una lista de los pasos que debe realizar el robot, esta lista puede ir enumerada o puede ser una secuencia, donde se vea claramente el proceso que realiza, esto simplemente va a organizar las acciones que el robot debe realizar en palabras, hay muchas formas de realizarlo, a continuación se propone un diagrama de bloques que muestra la secuencia a seguir.

Al hacer lo anterior, ya se tendrá una idea de lo que se va a programar en el software y además los estudiantes lograrán ver de cierta manera el mundo desde el punto de vista del robot, pero

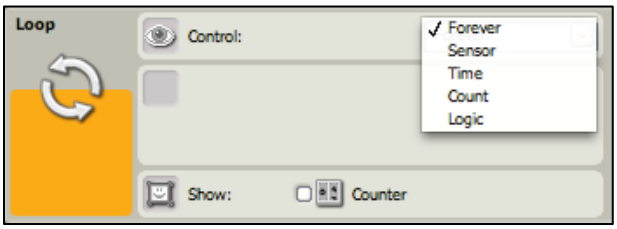
sobretodo se esta creando una estructura que consta de un set de instrucciones que el robot debe seguir, lo cual ayuda a reforzar el pensamiento lógico de los alumnos.

Diseño del programa

Al igual que en el caso del robot mismo, se espera que con la descripción de la actividad y en pro de los objetivos anteriormente establecidos, los estudiantes logren desarrollar un programa que de una solución al problema inicial. Si bien existen diferentes formas de solucionarlo, a continuación se presenta una de estas con el fin de que el docente tenga herramientas para responder a preguntas de los estudiantes y proporcionar ayuda en caso de ser necesario.



Este programa inicia con un ciclo (Loop), el cual se puede definir por el estudiante para que realice el proceso indefinidamente (forever), varias veces (count), por un tiempo determinado (time), hasta que se active un sensor (sensor) o hasta que las acciones internas se cumplan (logic), dependiendo de las instrucciones dadas por el profesor. En este caso sería importante revisar al menos dos de estas opciones para que los estudiantes tengan claras sus diferencias y las opciones que tienen al trabajar con ciclos.



A continuación se adiciona un bloque que permite el movimiento de ambos motores hacia adelante, en este se debe definir la duración del movimiento en 10 segundos, ya que se espera que sea por un tiempo determinado. El bloque que sigue es un bloque de espera, el cual puede ser utilizado o no, su función es que tras completar la primera acción espere un segundo para realizar la siguiente, la cual es retroceder durante el mismo periodo de tiempo.

Posibles dificultades

- Es posible hacer uso del bloque “Motor” en vez del bloque “Move”, sin embargo, al hacerlo serán necesarios dos bloques, ya que este bloque solo permite el movimiento de un motor a la vez, y pueden tener problemas de sincronización, por lo que para mejores resultados se recomienda el bloque “Move”.
- Es muy importante el uso del Loop, ya que para lograr realizar programas de un mayor grado de complejidad siempre se va a necesitar que el robot ejecute las acciones más de una vez, no dejar que los estudiantes pasen esto por alto.
- Los alumnos pueden olvidar configurar un bloque una vez lo incluyen en el programa, es así como podría ocurrir que tras los 10 segundos, el carro se desplace hacia delante por otros 10 segundos, es importante que el profesor permita que el grupo se de cuenta por sí mismos, mediante algunas preguntas.
- Sí los estudiantes no realizaron la investigación se les dará el modelo de robot sugerido, pero no se les dará el mismo tiempo para completar las actividades, ya que desde la primera clase se debía hacer énfasis en lo importante que es la investigación previa para poder realizar las actividades eficientemente.

Preguntas

- ¿Cuál es la diferencia entre los bloques “Move” y “Motor”?
- ¿Es posible ver cuantas rotaciones realiza el motor en su desplazamiento inicial?
    - Frecuencia

$$f = \frac{\text{número de vueltas}}{10\text{seg}} \quad [1/s]$$

    - Velocidad angular

$$\omega = 2\pi f \ [\text{rad}/s]$$

- ¿Qué distancia alcanzó el robot después de su desplazamiento hacia delante? ¿Cuál es la velocidad el carro?

$$v = \frac{d}{t} \ [m/s]$$

- ¿Qué variables se pueden modificar para lograr que el robot vaya más rápido? ¿Para que vaya más lento? ¿Cómo cambian los cálculos realizados anteriormente tras modificar estas variables?
- ¿Cómo hacer que el robot repita este procedimiento infinitamente? ¿Cómo lograr que lo repita 5 veces?

Retroalimentación

Al culminar la clase es muy importante que los alumnos expresen sus opiniones acerca de lo que aprendieron, lo que se les dificultó y que se podría mejorar. De igual manera el docente debe expresar su propia opinión acerca de estos ítems, en pro de lograr prácticas cada vez mas enriquecedoras. Si surgen preguntas adicionales a las cuales los estudiantes no tienen las respuestas, es importante que el maestro tome nota de estas y las resuelva inmediatamente o al inicio de la siguiente sesión.

Conceptos para la siguiente sesión

- Propiedades del sonido
- Funcionamiento del sensor ultrasónico y sus aplicaciones

RETO 2: SENSOR ULTRASÓNICO

OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DEL SENSOR A MEDIDA QUE SE APROXIMA A UN OBJETO, REGISTRANDO LA DISTANCIA QUE DETECTA EL SENSOR Y COMPARÁNDOLA CON LA DISTANCIA REAL EXISTENTE ENTRE EL SENSOR Y EL OBSTÁCULO.

Objetivos

- Definir la distancia máxima y mínima que detecta el sensor ultrasónico.
- Hallar la forma adecuada de visualizar los datos provenientes del sensor en la pantalla "Display".
- Comparar los datos que aparecen en la pantalla, acerca de la distancia, con una medición real realizada con un instrumento de medición, a partir de esto hallar el error porcentual del sensor respecto al valor real.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, instrumento de medición (regla o metro)

Desarrollo de la clase

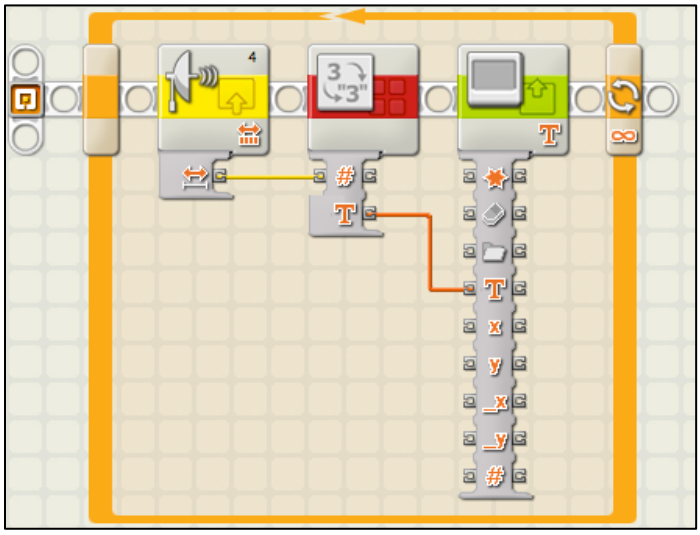
Actividad	Tiempo
Los estudiantes se organizan en sus grupos de trabajo y discuten acerca de la actividad que se va a realizar, cada uno debe aportar ideas a la solución final, teniendo en cuenta las propiedades del sonido y el funcionamiento del sensor ultrasónico. Lo ideal sería que realicen nuevamente un pseudo-código que describa las acciones a realizar, para que tengan una mayor comprensión del problema antes de comenzar a trabajar en él.	15 minutos
Desarrollar el programa en el computador. Este programa debe lograr que el sensor observe la distancia a la que está el obstáculo y la muestre en la pantalla, realizando este procedimiento hasta que los estudiantes	40 minutos

consideren que la cantidad de mediciones tomadas es suficiente, por lo que el ciclo debe ser infinito y el programa será finalizado manualmente. El profesor debe pasar por cada uno de los grupos revisando el trabajo y haciendo algunas preguntas acerca de las decisiones tomadas, como ¿por qué algún bloque? ¿Cómo saber que el sensor realmente encontró un obstáculo?	
Descargar el programa realizado en el computador al bloque de control y revisar el correcto funcionamiento del robot, es decir que realice las acciones para las que fue diseñado el programa anterior. Mientras tanto el profesor adaptará varios espacios en el salón en los cuales se encuentra el elemento de medición y la pared será el obstáculo, allí los estudiantes podrán tomar nota de los resultados para luego realizar el análisis.	10 minutos
Los estudiantes realizarán los cambios necesarios, si los hay. Cuando estén listos pueden empezar el proceso de toma de datos, es importante que se tomen por lo menos 10 datos de distancias y que una vez encontrado el máximo y el mínimo se revise de nuevo que efectivamente sean el máximo y el mínimo. Del orden en la toma de datos dependerá el posterior análisis y la comprensión de los resultados.	30 minutos
Puesta en común de los resultados encontrados y resolución a preguntas realizadas por el profesor una vez terminada la actividad.	20 minutos
Presentación del reto siguiente	5 minutos

Diseño del programa

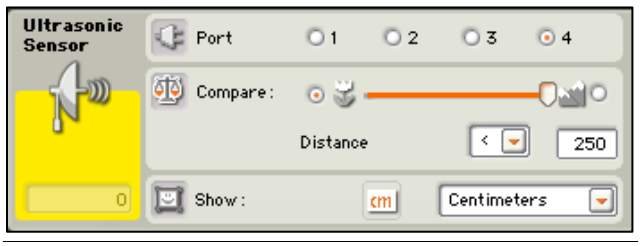
Es importante tener en cuenta que a partir del primer reto y para todos los que prosiguen se utilizará el mismo robot, por lo que la parte de ensamblaje no se vuelve a describir; sin embargo, los estudiantes son completamente libres de hacer modificaciones al mismo, si así lo consideran. En este caso específicamente, se debe adicionar el sensor ultrasónico en la parte frontal. En cuanto a los programas a desarrollar, en todos los casos se espera que sean los estudiantes quienes a partir de sus conocimientos y lógica creen los programas acordes para la realización de cada actividad. Si bien existen diferentes formas de solucionarlo, a continuación se presenta

una de estas con el fin de que el docente tenga herramientas para responder a preguntas de los estudiantes y proporcionar ayuda en caso de ser necesario.



De la primera práctica debió haber quedado clara la importancia del uso de ciclos en programación, como se puede ver este caso también inicia con un ciclo infinito, es decir que el estudiante deberá parar el programa manualmente.

El primer bloque utilizado es el del sensor ultrasónico, éste simplemente activa el sensor para comenzar la medición de distancias, dado que se va a calibrar, es necesario que se incluya todo el rango posible para la medición con el fin de observar si efectivamente alcanza a visualizar objetos dentro del rango definido por el fabricante; como se puede ver la distancia esta conectada mediante un cable a un bloque de conversión de número a texto, este bloque es necesario ya que en la pantalla no es posible visualizar el número como tal sino que se debe pasar a formato de texto. A continuación este dato se pasa a la pantalla mediante un cable para de esta manera lograr visualizar la distancia que el sensor ultrasónico está calculando.



Posibles dificultades

- Es probable que los estudiantes se confundan acerca de la distancia máxima que el sensor logra detectar. Es importante tener en cuenta que cuando está en centímetros el numero que aparecerá en pantalla siempre que no detecte es 255, así que se debe ser muy cuidadoso de no asegurar que éste es el máximo sin antes realizar las respectivas mediciones.
- Para lograr mostrar en pantalla el valor que el sensor observa se requiere realizar un paso intermedio, ya que la distancia en el sensor sale como un número y la pantalla no logra mostrar este formato, así que antes de la pantalla se debe adicionar un bloque que convierta de número a texto y de esta manera si se puede visualizar en la pantalla
- Se debe asegurar que el sensor tenga asignado el puerto al cual efectivamente está conectado, de lo contrario no va a ser posible activar el sensor.
- Recordar que las mediciones se pueden realizar en sistema internacional (metro) o en sistema inglés (pulgadas), y dado que el instrumento de medición que se maneja en Colombia está en SI es importante verificar que el software también este definido en centímetros.

Preguntas

- ¿Cuál es la distancia mínima que detecta el sensor con un error aceptable? ¿Cuál es la distancia máxima?
- ¿Cuál es el rango del sensor?

$$\text{Rango} = \text{Máximo} - \text{Mínimo}$$

- ¿Cuál es el error porcentual para cada una de las mediciones? Realizar una tabla.

$$\text{E}\% = \frac{\text{Experimental(sensor)} - \text{Teórico(Medido)}}{\text{Teórico}} * 100$$

- ¿Existen formas de disminuir el error porcentual? (objetos más grandes, objetos iluminados, mayor cercanía…)

Conceptos para la siguiente sesión

- Relación entre rotaciones y grados en un motor

RETO 3: MOVIMIENTO CON SENSOR ULTRASÓNICO

COMBINACIÓN DE LOS DOS RETOS ANTERIORES HACIENDO QUE CADA VEZ QUE EL ROBOT DETECTE UN OBSTÁCULO ACTIVE UNA SEÑAL Y CAMBIE DE DIRECCIÓN HASTA QUE DETECTE EL SIGUIENTE, REALIZANDO 4 VECES ESTE PROCEDIMIENTO.

Objetivos

- Realizar varios desplazamientos con el robot evitando que éste se estrelle con obstáculos o paredes, y llegando hasta el punto final en el menor tiempo.
- Realizar toma de decisiones múltiples mediante el robot, evaluando sí hay presencia de obstáculo o no y ejecutando una acción en cada uno de los casos, ya sea continuar desplazándose o cambiar la dirección del robot.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

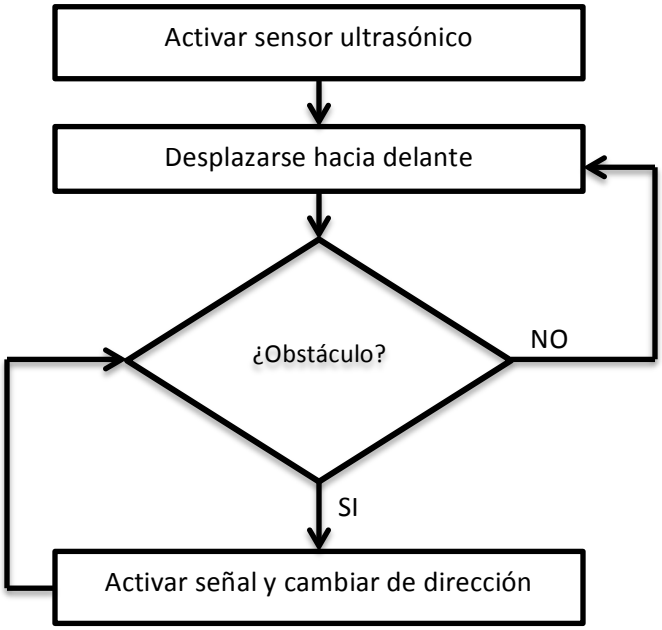
Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, obstáculos, cronómetro

Desarrollo de la clase

Actividad	Tiempo
Los estudiantes se organizan en sus grupos de trabajo y discuten acerca de la actividad que se va a realizar, cada uno debe aportar ideas a la solución final.	15 minutos
Desarrollar el programa deseado en el computador. Este programa debe lograr que cuando el sensor detecte un obstáculo y éste se encuentre a una distancia definida por los estudiantes (la cual se debe definir basándose en la caracterización realizada anteriormente), frene y cambie de dirección, de manera que al final el robot logre encontrar la salida de una pista en la que se dispondrán cuatro obstáculos de manera aleatoria. El profesor debe pasar por cada uno de los grupos revisando el trabajo y haciendo algunas preguntas acerca de las decisiones tomadas.	30 minutos

Descargar el programa realizado en el computador al bloque de control y revisar el correcto funcionamiento del robot, es decir que realice las acciones para las que fue diseñado el programa anterior. Los estudiantes realizarán los cambios necesarios, si los hay. Mientras tanto el profesor adaptará la pista sobre la cual se llevara a cabo la competencia, ubicando 4 obstáculos dentro de una pista cuadrada con una única salida, la pista debe ser aproximadamente de 2x2 metros.	20 minutos
Una vez lista la pista los estudiantes no pueden realizar más cambios, y se llamaran a todos los grupos a probar el funcionamiento de su robot. Cada grupo debe comenzar en el punto de inicio e intentar salir de ésta en un tiempo no mayor a dos minutos, este tiempo será cronometrado por otros estudiantes o por el profesor, y una vez finalizados los dos minutos aún si no ha logrado salir debe dar paso al siguiente grupo. Una vez terminada los estudiantes analizaran porque no lo consiguieron o porque unos lo lograron en un menor tiempo que otros, lo cual les servirá para optimizar su código a futuro.	30 minutos
Puesta en común de los resultados encontrados y resolución a preguntas realizadas por el profesor una vez terminada la actividad.	20 minutos
Presentación del reto siguiente	5 minutos

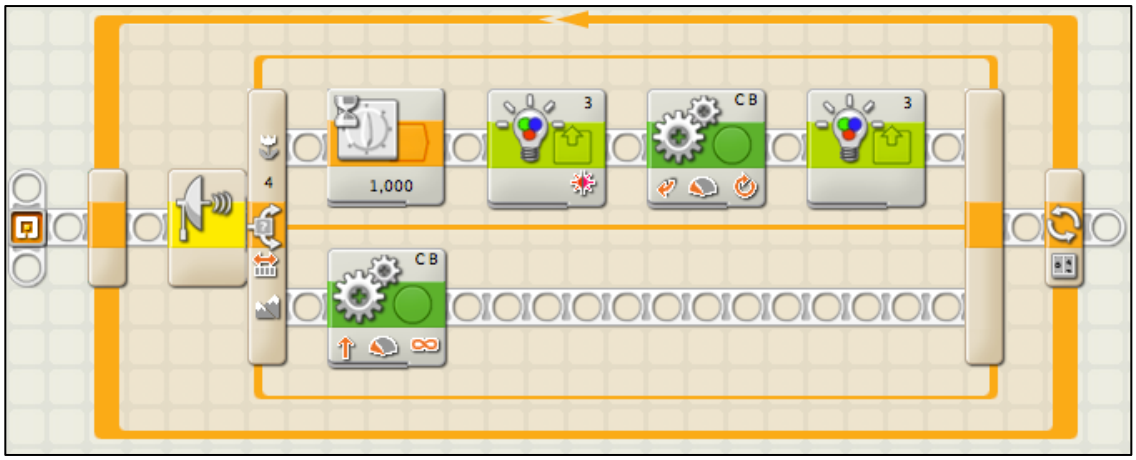
Pseudo-código



Diseño del programa

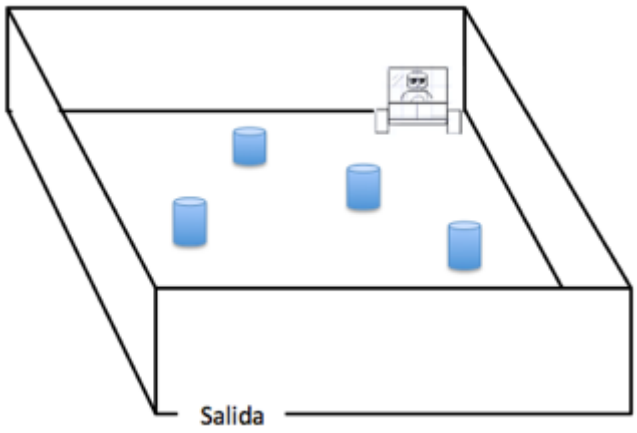
Para este reto existen una gran cantidad de métodos que cumplen el objetivo del reto, unos mas eficientes que otros, pero todos igualmente exitosos; por ejemplo, el robot podría visualizar todo el espacio antes de realizar algún desplazamiento para saber cual camino está más despejado, o podría iniciar el desplazamiento y al encontrar el obstáculo realizar giros cortos, largos, hacia una dirección o la otra; el mejor método dependerá también de la pista y la disposición de los objetos en esta. A continuación, se presenta un programa de alta simplicidad, que se acomoda a los conocimientos que hasta el momento deben haber adquirido los

estudiantes.



Mediante este reto los estudiantes deben comprender el uso de condicionales, ya que existen dos posibilidades y sea una o la otra, el carro deberá realizar una acción; en este caso después del ciclo que ya se ha explicado en los programas anteriores, se debe adicionar un “switch”, éste funciona de forma lógica binaria, solo existen dos casos “verdadero” o “falso”, este switch puede ser accionado por un sensor o por un valor, para el reto que se propone debe ser accionado por el sensor ultrasónico, ya que existe la posibilidad de que detecte obstáculo o que no detecte, en caso de que no detecte el carro debe seguir hacia delante indefinidamente, cuando detecte debe hacer una pausa emitir una alerta que puede ser sonido o luz (en este caso es una luz roja) y retroceder cambiando de dirección para seguir buscando obstáculos en otro punto del plano, una vez retroceda es necesario desactivar la alerta para que vuelva a activarse cuando encuentre el siguiente obstáculo.

Diseño de la pista



Preguntas

- ¿Cuál es la mejor forma de que el robot observe la mayor cantidad de obstáculos, sin tropezar con estos?

Conceptos para la siguiente sesión

- Comportamiento de la luz
- Espectro de luz visible
- Longitud de onda de cada color en el espectro

RETO 4: SENSOR DE COLOR

OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DEL SENSOR FRENTE A DIFERENTES COLORES Y EL RANGO DE DETECCIÓN DEL MISMO.

Objetivos

- Hallar la distancia máxima y mínima a la cual el color es correctamente identificado por el sensor.
- Comprender el comportamiento del sensor de color, asignando valores numéricos a cada uno de los colores que detecta.
- Describir el comportamiento de la luz y la forma cómo el sensor logra detectar cada uno de los colores presentes en el rango de luz visible.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

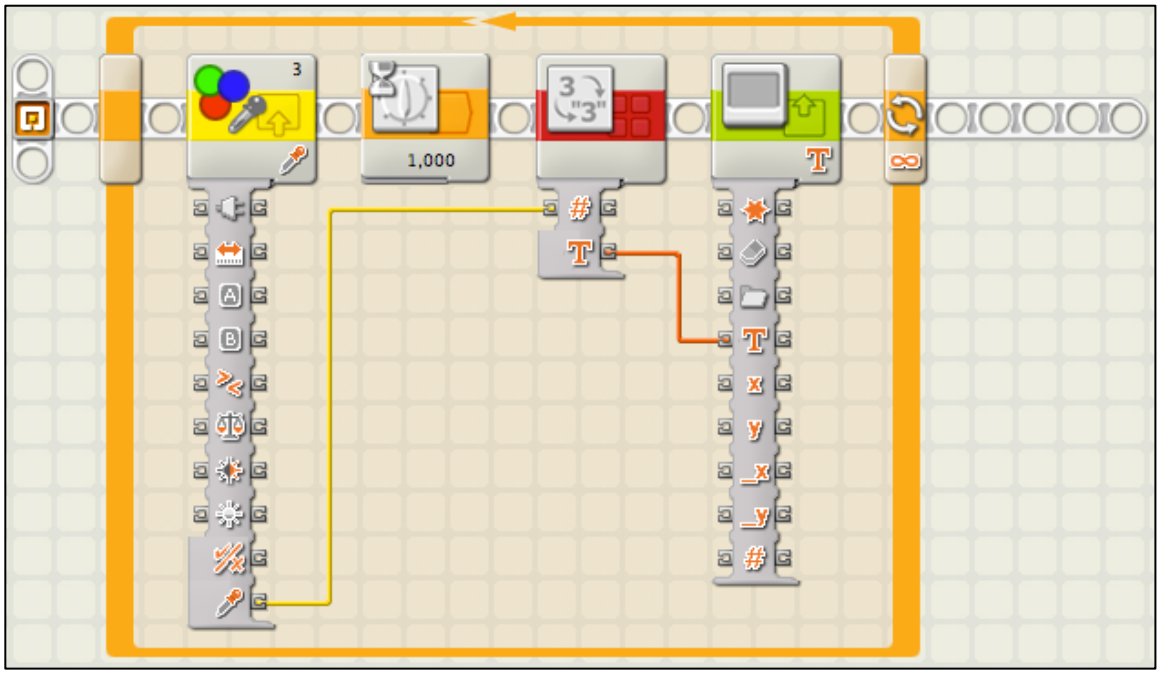
Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, paleta de colores

Desarrollo de la clase

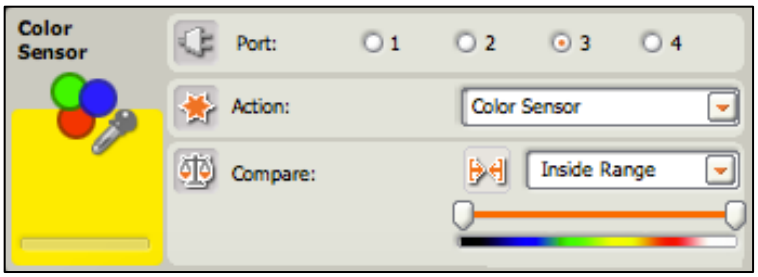
Actividad	Tiempo
Los estudiantes se organizan en sus grupos de trabajo y discuten acerca de la actividad que se va a realizar, cada uno debe aportar ideas a la solución final y discutir la información que encontraron acerca de la composición de la luz.	20 minutos
Desarrollar el programa deseado en el computador. Este programa debe identificar el color al que este expuesto y mostrar en pantalla un valor, este valor equivale al que el sensor asigna a cada uno de los colores. El profesor debe pasar por cada uno de los grupos revisando el trabajo y haciendo algunas preguntas acerca de las decisiones tomadas.	20 minutos
Descargar el programa realizado en el computador al bloque de control y	30 minutos

revisar el correcto funcionamiento del robot, es decir que realice las acciones para las que fue diseñado el programa anterior. Los estudiantes deben revisar cuales son las distancias mínima y máxima a la que logra identificar el color, teniendo en cuenta que cuando no detecta, asociará esto a color negro, que es ausencia de color. Así mismo, deben tomar nota de los valores que el sensor asigna a cada color, qué ocurre con diferentes tonalidades y con colores que están fuera de la de detección, para de esta manera descubrir sí el sensor alcanza a identificar toda la gama o si tiene problemas con algunos tonos.	
Tras tomar los datos anteriores se procede a que los estudiantes los compartan con todo el curso y que comparen si todos obtuvieron los mismos resultados o no, de no ser así analizar el por qué. Concluir y resolver las preguntas realizadas por el profesor.	30 minutos
Presentación del reto siguiente	10 minutos

Diseño del programa



El primer elemento nuevo que se observa en este reto es el sensor de color, este permite reconocer de que color es un objeto o superficie entre una gama de seis colores, negro, azul, verde, amarillo, rojo y blanco, la salida de este sensor es un numero que se le asigna a cada color, siendo 1 negro y 6 blanco. El bloque de espera que se encuentra después permite que el sensor no este evaluando continuamente sino que lo haga con intervalos de un segundo e inmediatamente convierta este número en texto para ser mostrado en el display, de esta manera los estudiantes conocerán el número asignado a cada color y sí efectivamente está identificando los colores de la manera correcta.



Preguntas

- ¿Cuál es la distancia mínima a la que el sensor es capaz de identificar el color correcto? ¿Cuál es la distancia máxima?
- ¿Qué ocurre si el objeto de color no se encuentra entre los seis colores que identifica el sensor, es decir si es rosado, naranja, gris…?
- ¿El sensor logra reconocer mejor un objeto grande o uno pequeño? ¿Uno brillante o uno opaco?
- ¿Qué color identifica si pone su dedo pulgar en el sensor? ¿Por qué ocurre esto?

RETO 5: SENSOR DE COLOR Y MOVIMIENTO

DETECTAR COLOR MEDIANTE EL SENSOR Y EMITIR UN SONIDO PARA CADA COLOR QUE DETECTE, REALIZANDO A SU VEZ UNA ACCIÓN DIFERENTE CON CADA COLOR

Objetivos

- Reconocer una pista siguiendo las indicaciones de colores que en ella se encuentran y que determinan la acción a realizar.
- Asignar señales sonoras acordes a cada uno de los colores, así como acciones que impliquen movimiento.
- Crear bloques personalizados para ser utilizados en etapas siguientes, con el fin de realizar programas más eficientes en cuanto a espacio y facilitar el uso de comandos utilizados con alta frecuencia.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

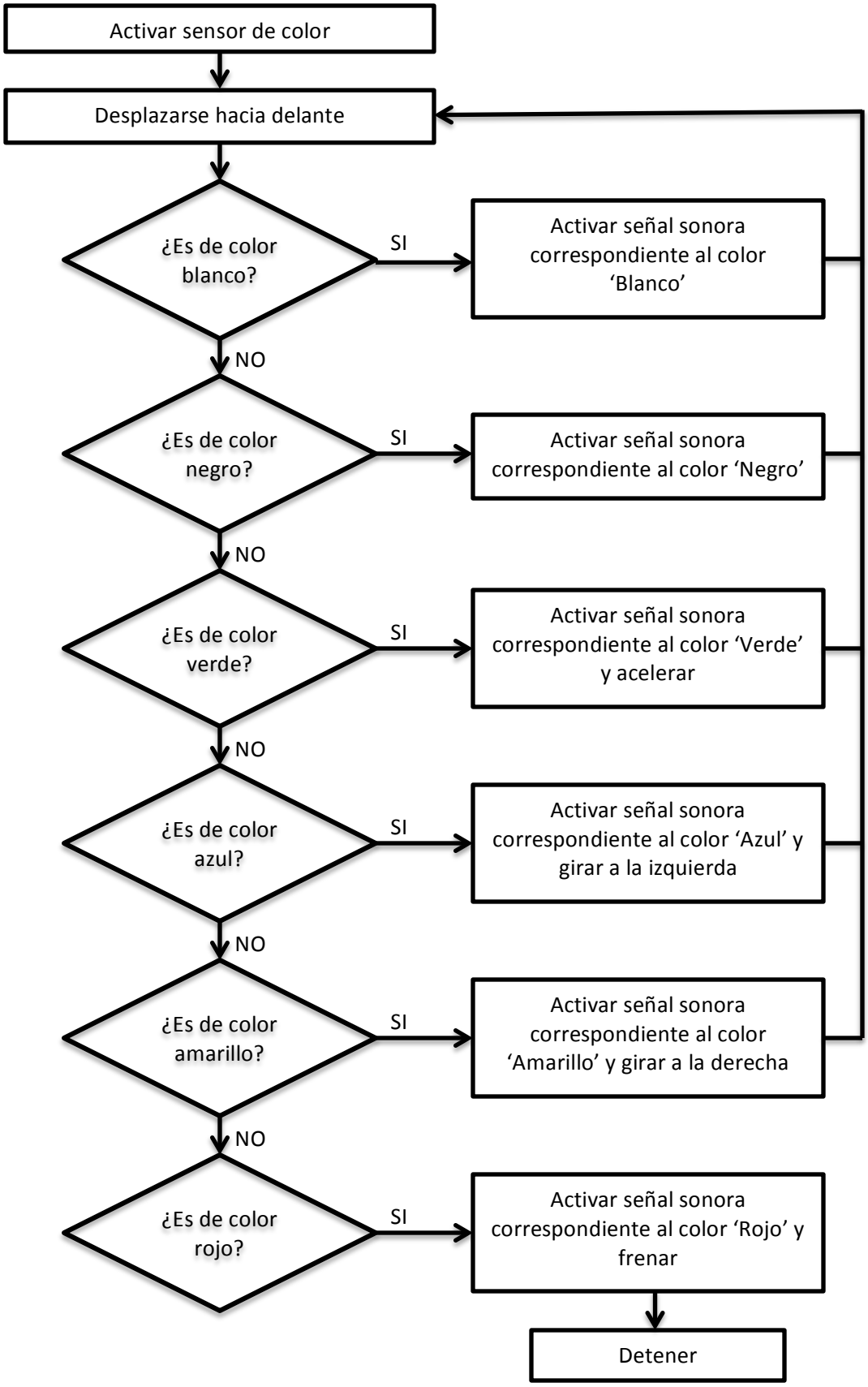
Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, obstáculos, cronómetro

Desarrollo de la clase

Actividad	Tiempo
Los estudiantes se organizan en sus grupos de trabajo y discuten acerca de la actividad que se va a realizar, cada uno debe aportar ideas a la solución final y al algoritmo que seguirán para completar la acción.	15 minutos
Desarrollar el programa deseado en el computador. Este programa debe hacer que el robot se desplace hacia delante hasta que encuentre la primera cinta, de la cual debe identificar el color, decir qué color es y realizar una acción dependiendo del mismo. En este caso verde será acelerar, rojo será parar, amarillo girar a la derecha y azul a la izquierda. Blanco y negro no realizan ninguna acción de movimiento, pero se debe reproducir el audio para corroborar que el sensor este activo durante todo el recorrido. El	40 minutos

profesor debe pasar por cada uno de los grupos revisando el trabajo y haciendo algunas preguntas acerca de las decisiones tomadas, así mismo debe disponer la pista en el lugar designado para ésta con el fin de que los estudiantes tengan una mayor comprensión acerca de lo que están realizando.	
Descargar el programa realizado en el computador al bloque de control y revisar el correcto funcionamiento del robot, es decir que realice las acciones para las que fue diseñado el programa anterior. Los estudiantes deben tener en cuenta que las cintas de colores se ubican en el piso, por lo que deben pensar la forma mas conveniente en la que debe estar el sensor.	20 minutos
Puesta en común de los resultados, si hay algún grupo al que no le funcionó o que tuvo problemas en la identificación de colores buscar las razones, así mismo los estudiantes deben comentar las dificultades que tuvieron y que aspectos le cambiarían o dejarían como están del reto.	30 minutos
Presentación del reto siguiente	10 minutos

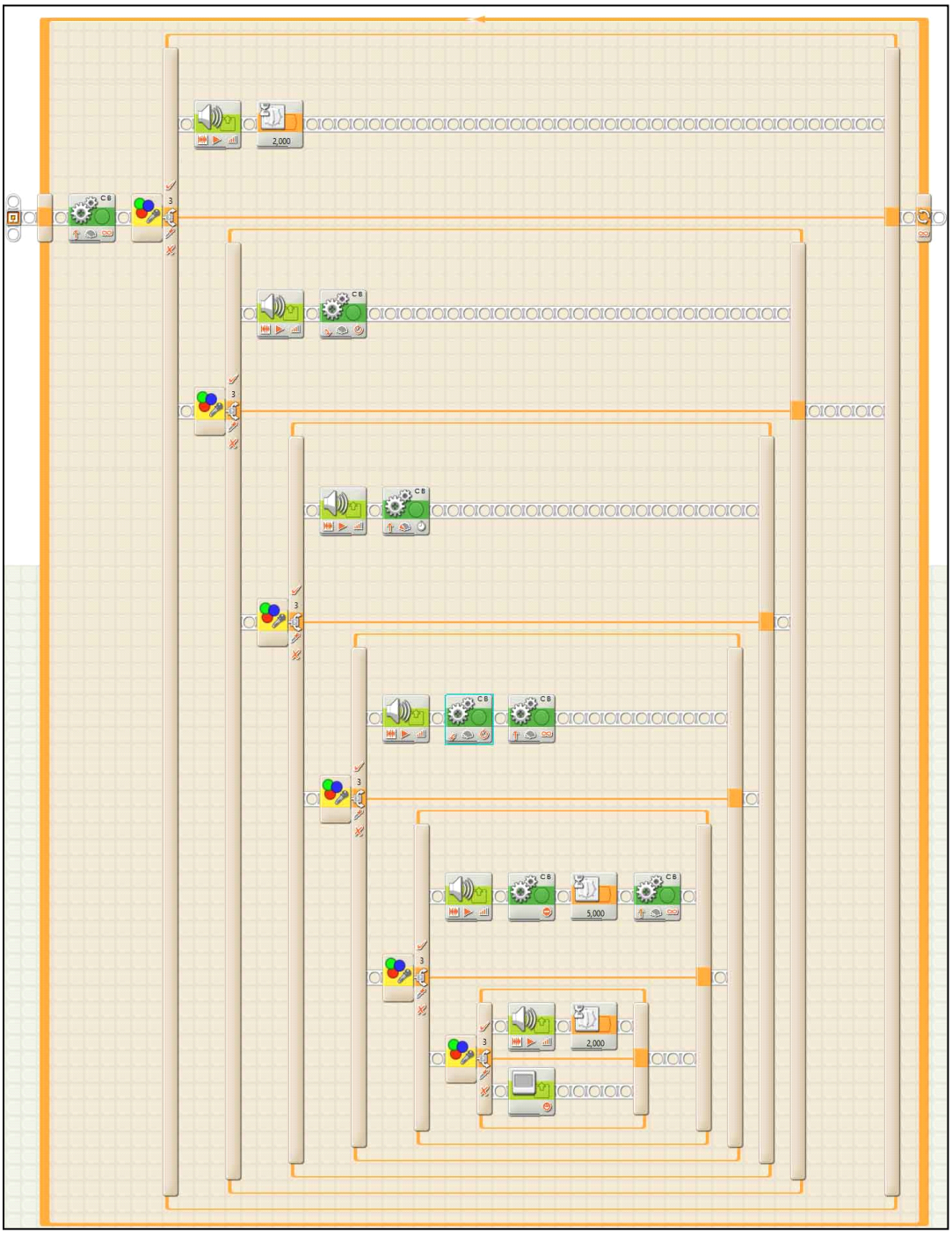
Pseudo-código



Diseño del programa

En este caso, el programa va dentro de un ciclo infinito y a continuación empieza con un switch que será activado por el sensor de color, dado que hablamos de 6 casos posibles y el switch tiene un comportamiento lógico de verdadero o falso, se deberán desarrollar varios casos dentro de un caso principal, siendo el primer caso "¿Es de color X?" Si efectivamente es de ese color se activará el audio que dice el color "X", sino se debe volver a preguntar por ejemplo ¿Es de color azul? Y se sigue el mismo procedimiento para cada uno de los colores, encontrando un switch dentro del otro hasta llegar al último caso, en el desarrollo de este se utilizaron un total de 6 switchs, ya que en el último caso se contempló la posibilidad de que el color no fuera ninguno de los anteriores.

Los bloques de movimiento para los casos azul, verde, rojo y amarillo, permiten realizar la actividad propuesta en la cual cada uno de los colores iniciara una acción de movimiento diferente, sea derecha, izquierda, acelerar o frenar. En el esquema que se presenta a continuación, cuando el sensor detecta color rojo emite la señal de audio e inmediatamente detiene el movimiento en los dos motores, sin embargo, después de un tiempo de espera vuelve a activar los motores, esto va a depender completamente del diseño de la pista, en caso de que la señal roja se encuentre como "meta", estas acciones se deben reemplazar por un bloque "stop" que inmediatamente finaliza todo el programa.



Una vez se logra desarrollar el programa el siguiente paso es comprender como crear sus propios bloques, y dado que este es uno de los programas de mayor tamaño que se desarrollan en este proyecto, es el indicado para convertirlo en un único bloque. Para esto los estudiantes deben seleccionar todo el programa acceder al menú Edit > Make a New My Block > Asignar

nombre > Next > Asignar Icono > Finish. Una vez creado el bloque se debería observar algo como lo siguiente:

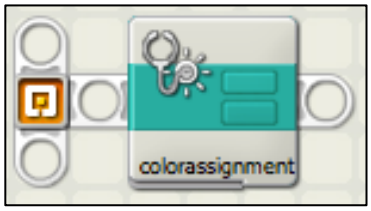


Fig. 1 Nuevo bloque para programa de color y audio

Este procedimiento se puede realizar todas las veces que lo deseen con bloques o grupos de bloques que utilicen de manera habitual, de esta manera optimizaran espacio y tiempo en el desarrollo del programa.

Posibles dificultades

- Se trata de un proceso de toma de decisiones en el que existen más de dos opciones, y aunque hay varias formas de realizarlo, una de estas es tomando parejas de casos, para esto se requiere el uso de varios switch uno dentro del otro que den la opción de "sí es rojo realice una acción, sino es rojo evalué sí es verde y realice otra acción, sino es verde evalué…", para que sea mas fácil de comprender para los estudiantes pídales que escriban en una hoja los casos posibles, es decir cada color, y que piensen en una forma de evaluarlos.
- Dado que hay ciclos muy internos, al desactivar el motor este se va a demorar mucho en volverse a activar por lo que es recomendable activarlo en el mismo ciclo, de esta recomendación a sus estudiantes, ya que si ven que el robot frena y no vuelve a activarse pueden pensar que se trata de un error de programación.

Conceptos para la siguiente sesión

- Estadísticos descriptivos (media, mediana, moda, desviación estándar)
- Caracterización de sensores: Exactitud, precisión, histéresis

RETO 6: TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS

MEDIANTE EL SENSOR ULTRASÓNICO RECORRER UNA DISTANCIA HACIA ADELANTE Y HACIA ATRÁS GUARDANDO LOS DATOS DE LA DISTANCIA QUE EL SENSOR OBSERVA HASTA EL OBSTÁCULO PARA POSTERIORMENTE ANALIZARLOS ESTADÍSTICAMENTE.

Objetivos

- Mediante el sensor ultrasónico realizar diez mediciones, cinco desde la menor distancia detectada por el sensor hasta la mayor y cinco desde la mayor hasta la menor, analizar estos datos para de esta manera caracterizar el sensor ultrasónico en términos de exactitud y precisión.
- Graficar cada uno de los recorridos que realizó el carro en términos de distancia recorrida contra muestras.
- Analizar datos obtenidos en un experimento con varias repeticiones, hallando la media y la desviación estándar.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

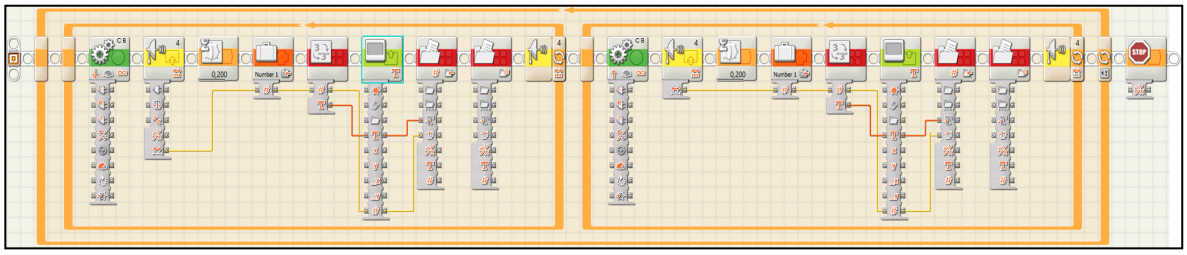
Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, instrumentos de medición

Desarrollo de la clase

Actividad	Tiempo
Los estudiantes se organizan en sus grupos de trabajo y discuten acerca de la actividad que se va a realizar, deben tener claro que datos esperan obtener para el análisis final y proponer formas de lograrlo.	15 minutos
Desarrollar el programa deseado en el computador. Este programa debe permitir que el carro se desplace hacia atrás desde la distancia mínima que se definió en el reto 2, hasta un poco más de la distancia máxima (para asegurar que evalúe todo el rango), una vez alcanza esta distancia tendrá que avanzar hacia delante hasta la distancia mínima, el procedimiento se	40 minutos

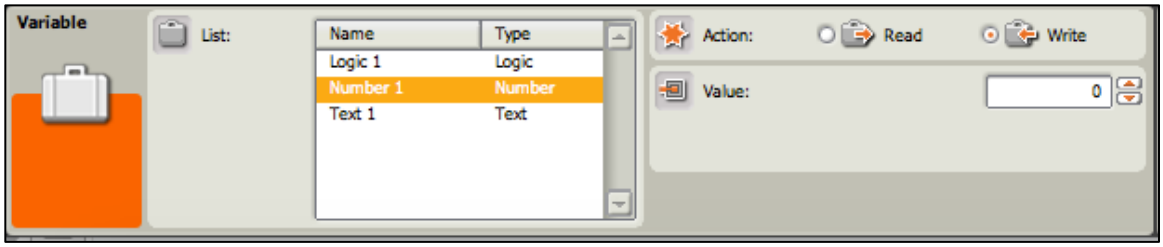
realizará 5 veces a la vez que almacena en una variable los datos obtenidos, para luego ser analizados por los estudiantes. Este programa requiere conocimientos un poco más avanzados y los estudiante pueden presentar algunos inconvenientes, por lo que se recomienda que el profesor esté muy atento a todos los grupos y revise constantemente su trabajo.	
Descargar el programa realizado en el computador al bloque de control y revisar el correcto funcionamiento del robot, es decir que realice las acciones para las que fue diseñado el programa anterior. Es muy importante que el profesor revise el programa terminado, ya que el carro puede realizar el desplazamiento de forma adecuada pero sin guardar los datos, lo cual impedirá el futuro análisis.	20 minutos
El paso más importante de este reto es el análisis, los estudiantes deben revisar los datos guardados por el robot y estudiarlos, para esto tienen 5 mediciones que les permitirán comparar datos, obtener promedios, desviación estándar y una aproximación del comportamiento del robot a medida que se aleja o se acerca a un objeto. Los estudiantes deben presentar gráficas con el comportamiento.	30 minutos
Puesta en común de los resultados obtenidos, se discutirá la confiabilidad del sensor basado en el análisis estadístico. Los grupos expondrán sus resultados y entre todos se buscarán formas de obtener la mayor precisión para el reto final.	10 minutos
Presentación del reto final	5 minutos

Diseño del programa



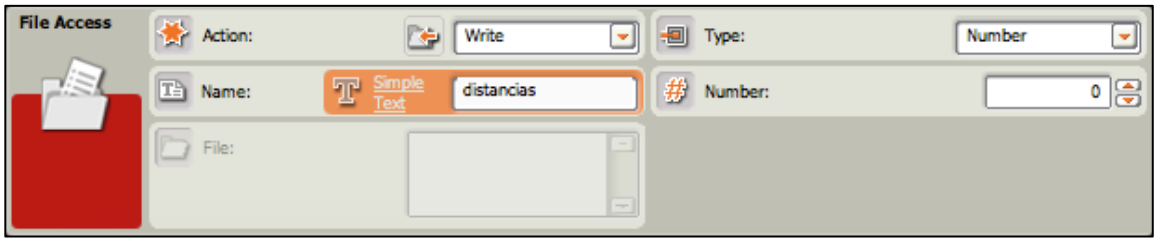
Como todos los programas desarrollados, este inicia con un ciclo el cual será finalizado después de que el proceso se realice 5 veces. Ya que el robot debe hacer dos desplazamientos diferentes se deben crear dos ciclos dentro del ciclo principal, cada uno de estos se finalizará con la acción del sensor ultrasonido, el primero finaliza cuando el sensor detecte un objeto a la distancia máxima establecida en el reto 2, y el segundo finaliza cuando el sensor llegue a la distancia mínima de detección también definida en el reto 2. Dentro de cada uno de estos ciclos se encuentran prácticamente los mismos bloques, el primer bloque activa los motores permitiendo el movimiento del robot, en uno de los casos hacia atrás y en el otro hacia delante.

El siguiente bloque activa el sensor ultrasónico, el cual estará activo durante todo el recorrido para tomar la distancia a la que se encuentra el obstáculo, el bloque de espera que va a continuación crea intervalos de 0.2 segundos entre mediciones, este puede definirse con un mayor tiempo si se desea, pero a mayor tiempo se tendrán menos muestras y por lo tanto menor exactitud. A continuación se crea una variable, esta variable será una variable numérica de escritura y será en donde se almacenen los datos provenientes del sensor, para lograrlo se deben interconectar mediante un cable. Los dos bloques siguientes (número a texto y pantalla) son opcionales, y simplemente me permiten observar la medición tomada por el sensor en la pantalla, convirtiendo el número a texto como ya se ha explicado anteriormente.

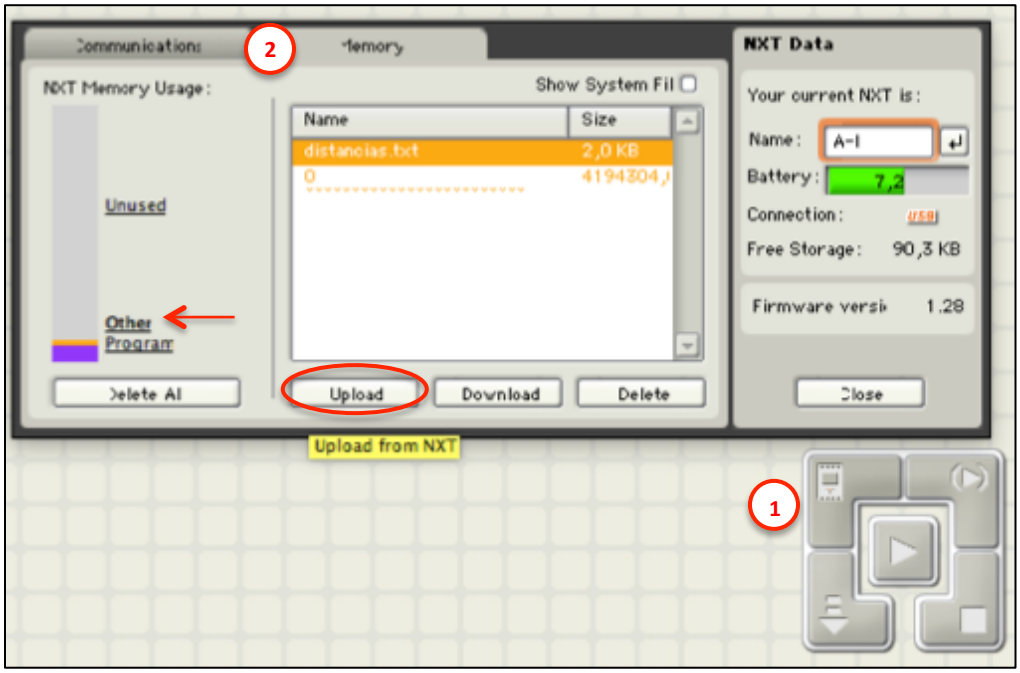


El número que se guardó en la variable debe pasarse a un archivo que almacenará todas las mediciones realizadas, para esto se crea un bloque “File Access” que será de escritura y este se

conecta al número proveniente de la variable, estos bloques generalmente se deben generar en grupos de tres dentro del programa, uno de escritura, uno que cierre el archivo, y el último para leer el archivo, sin embargo, en este caso solo necesitamos escribir y cerrarlo, ya que la lectura se hará fuera del software, mediante un programa que facilite el análisis de los datos.



Después de que se realiza todo el ciclo y el robot finaliza las acciones, es hora de recuperar los datos que el robot guardó, para esto se debe conectar el bloque de control NXT al computador mediante el cable USB y hacer click en NXT Window, allí aparecerá la siguiente ventana:

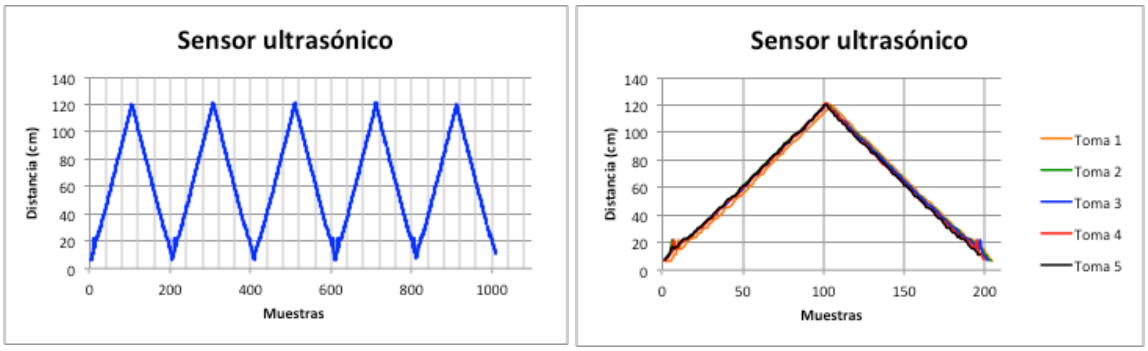


Hacer click en “memory” y allí en “other”, en “other” debe aparecer el archivo que se guardó con el nombre que cada grupo le haya asignado, se selecciona y luego click en “upload”, se sugiere guardarlo en el escritorio para encontrarlo fácilmente. El archivo está en formato .txt, el cual se puede abrir fácilmente con cualquier editor de texto, generalmente se puede abrir en

block de notas y copiar los datos a un archivo de Excel que permita una mayor manipulación de los datos y realizar el análisis con más facilidad.

Entregable

Una vez finalizado el reto (puede ser en la misma sesión o en la siguiente), los estudiantes deberán presentar el análisis de los datos obtenidos mediante el robot, para esto se recomienda que presenten gráficas que les ayuden a comprender como se está comportando el mismo, en términos de precisión y exactitud. Ejemplos de lo que se puede pedir a los estudiantes se presentan a continuación:



La primera de estas presenta la distancia que detectó el sensor en cada una de las repeticiones contra el número de muestras tomadas, que en general equivalen a 200 muestras por evento, en esta es posible ver el comportamiento que tuvo el sensor, pero es más complicado concluir acerca de la exactitud y precisión del mismo, por lo que se sugiere la segunda gráfica, en la cual al sobreponer los eventos se puede ver si todos tuvieron en general un comportamiento similar o no. Así mismo, mediante ésta última también es posible obtener datos estadísticos como media y desviación estándar.

Posibles dificultades

- La realización de dos ciclos dentro de un gran ciclo puede no ser tan intuitiva para los estudiantes, ya que pensaran primero en usar casos que ya se han aplicado anteriormente como los switch; es importante explicarles que no se trata de dos decisiones que dependan una de la otra, sino que son dos acciones que el robot deberá realizar a cabalidad, ya que si se realiza por medio de switch el realizaría la acción únicamente hasta que deje de observar el obstáculo, una vez pase esto cambiaría a

realizar la siguiente, cambiando constantemente de estado y no tomando las muestras suficientes para el análisis.

- La mayor dificultad de esta práctica se encuentra en el almacenamiento de datos y la posterior lectura de los mismos, por lo tanto a los estudiantes se les darán instrucciones en la guía de cómo realizar este procedimiento, pero se recomienda que el docente comprenda muy bien los pasos a seguir y en caso de ser necesario realice un ejemplo ante toda la clase para aclararlo.

RETO FINAL: CARRERA DE OBSTÁCULOS CON SELECCIÓN DE COLOR

LOGRAR QUE EL ROBOT RECORRA UNA PISTA HASTA ENCONTRAR UN OBJETO, EL CUAL EN CASO DE SER ROJO SERÁ CONTADO COMO UN LOGRO Y EN CASO DE SER DE UN COLOR DIFERENTE DEBE SER DEJADO COMO ESTÁ PARA SEGUIR BUSCANDO HASTA ENCONTRAR EL SIGUIENTE OBJETO DE COLOR ROJO.

Objetivos

- Demostrar el aprendizaje obtenido a lo largo de cada uno de los retos, en cuanto a sensores, motores y comandos básicos de programación.
- Encontrar el mayor numero de objetivos posibles en un periodo de tiempo dado, en pro de completar la tarea.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

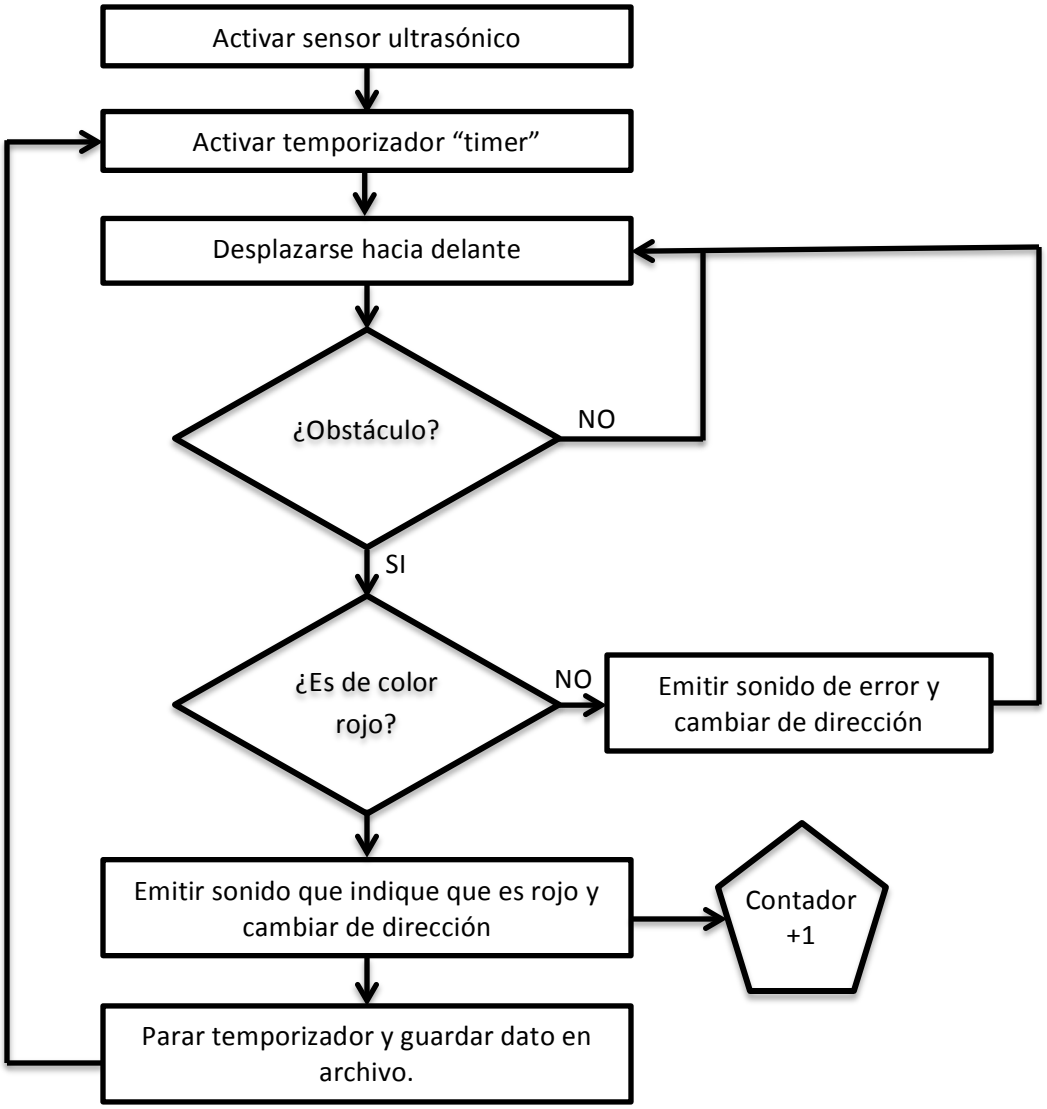
Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, obstáculos

Desarrollo de la clase

Actividad	Tiempo
Los estudiantes se organizan en sus grupos de trabajo y discuten acerca de la actividad que se va a realizar. Es importante tener en cuenta lo que se aprendió a lo largo del proyecto, los datos de rango, errores y las recomendaciones que se han realizado en cada reto; de esto dependerá el éxito del reto final.	15 minutos
Desarrollar el programa deseado en el computador. Este programa permitirá que el robot recorra una pista en la que habrá diferentes obstáculos de colores, los cuales debe esquivar pero primero identificar el color de cada uno, si es de color rojo lo contará como un acierto, si es de	30 minutos

otro color emitirá un sonido de error y esquivarlo para seguir buscando más aciertos. Este proceso se realizará por un total de dos minutos, en los cuales no sólo contará el número de aciertos, sino también el tiempo que le toma al robot encontrar cada acierto, por lo que es necesario que el profesor pase por los grupos verificando que cumpla con los dos requerimientos.	
Descargar el programa realizado en el computador al bloque de control y revisar el correcto funcionamiento del robot, es decir que realice las acciones para las que fue diseñado el programa anterior. A su vez, el profesor debe disponer la pista en el salón, esta pista debe ser lo suficientemente espaciosa para disponer varios obstáculos, la idea es que en ella no solo hayan objetos de color rojo, sino de varios colores para verificar que solo cuente los de color rojo.	20 minutos
Una vez lista la pista los estudiantes no pueden realizar más cambios, y se llamaran a todos los grupos a probar el funcionamiento de su robot. Cada grupo debe comenzar en el punto de inicio e intentar visualizar la mayor cantidad de obstáculos en dos minutos. Una vez terminada los estudiantes analizarán los tiempos de cada grupo y el número de aciertos obtenidos, comparando con otros grupos para entender porque unos lograron un mayor o menor número de éxitos. Los estudiantes deben presentar gráficas y un análisis muy completo que incluya resultados de todo el proyecto.	30 minutos
Concluir y resolver las preguntas realizadas por el profesor. Dado que es el último reto, se les pedirá a los estudiantes su opinión acerca del proceso, sus aprendizajes, las principales dificultades y sí le realizarían cambios al proyecto.	20 minutos

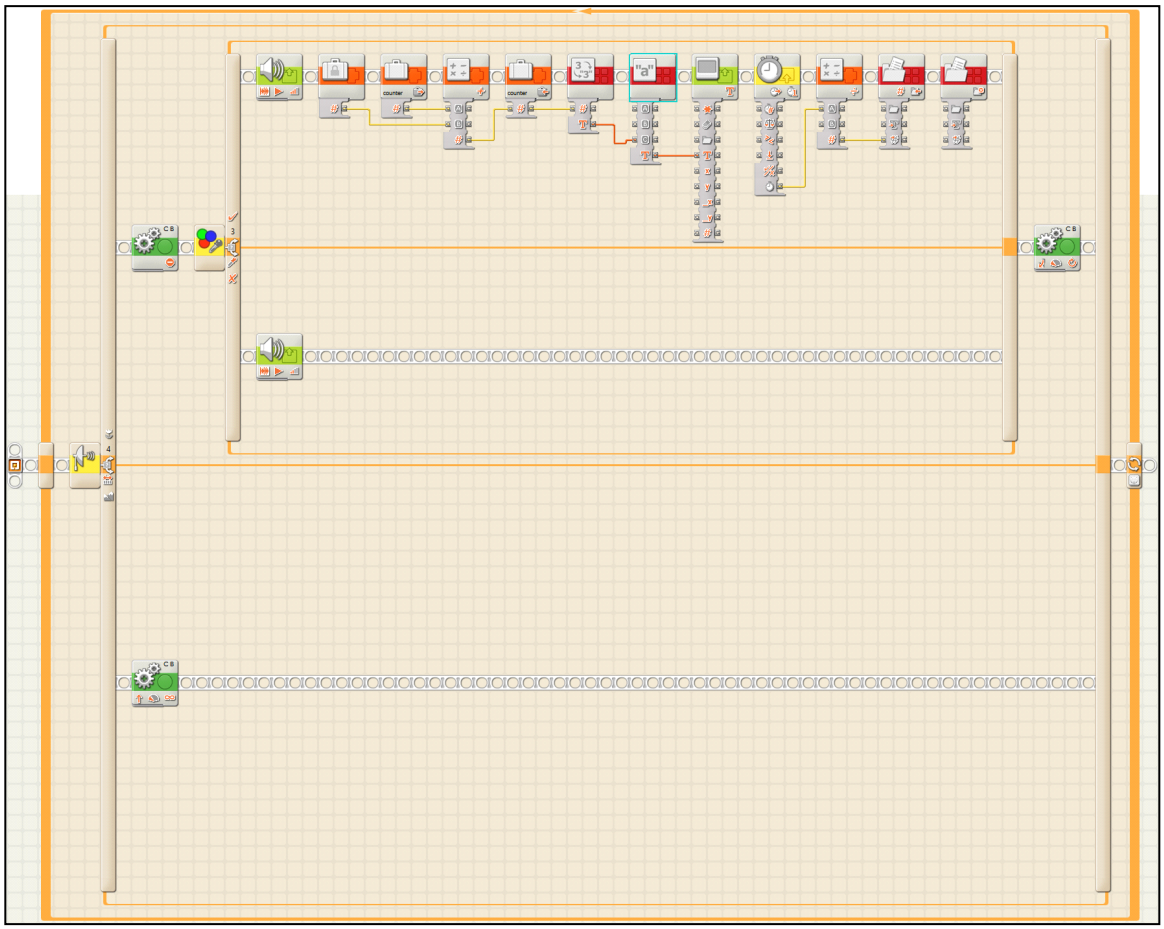
Pseudo-código



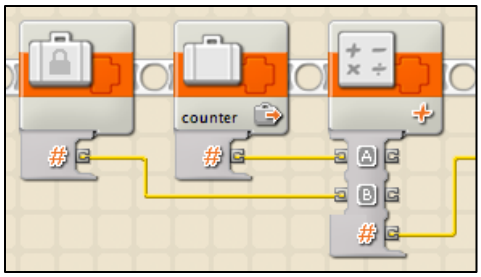
Diseño del programa

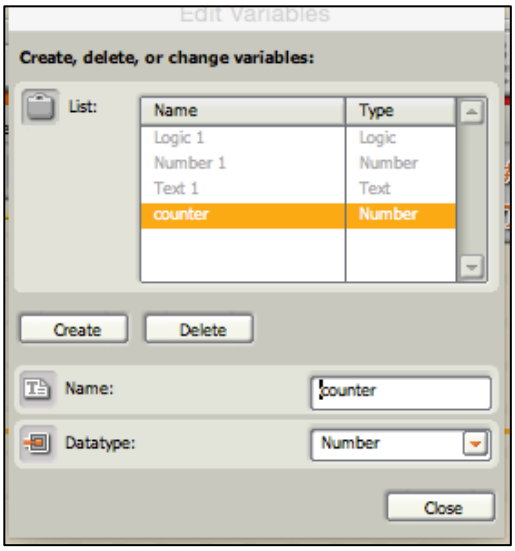
Este programa requiere que el ciclo tenga una duración de dos minutos, tiempo que se les dará a todos los grupos para tener el mayor número de aciertos; definido el ciclo el paso que sigue es implementar un switch el cual es accionado por el sensor ultrasónico, teniendo dos casos como son presencia de objeto o camino despejado, en este último caso simplemente se desplazará hacia delante hasta que encuentre un obstáculo. Por otra parte, sí el sensor detecta obstáculo debe frenar y evaluar el color del mismo, por lo que es necesario utilizar otro switch pero éste es activado por el sensor de color, el cual debe revisar sí es rojo o sí no lo es, en cualquiera de los casos se activará una señal sonora ya sea informando que es rojo o que es un error,

respectivamente. De ser rojo el obstáculo, se deben realizar dos acciones mostrar el número de aciertos en pantalla y guardar los tiempos que toma en acertar, es decir en encontrar objetos de color rojo.

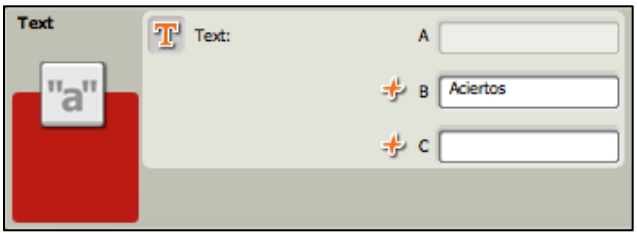


El primer bloque que se observa después del bloque de sonido, crea una constante con un valor de 1, esto se hace debido a que el bloque que está a continuación “variable” es un contador que inicializa en ‘0’ y ya que se quiere que al encontrar un objeto de color rojo este se cuente empezando en 1, se debe realizar una operación aritmética (suma) de la constante con valor unitario y el contador. Para crear el contador se debe implementar el bloque “variable” y dirigirse a Edit > Define Variables > Create, asignar un nombre y definirla como tipo número.



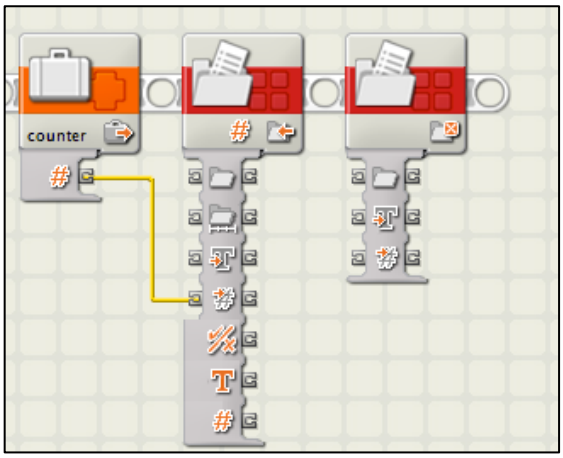


Una vez habiendo sumado la constante creada y el contador, se debe pasar este dato de nuevo al contador, es importante observar que el primer contador es un bloque únicamente de lectura, ya que es este se van contando el número de aciertos, el segundo bloque es de escritura, ya que se va a reemplazar el dato que leyó el dispositivo por el nuevo dato con adición de la constante. Este dato va a ser visualizado en la pantalla, por lo que se debe seguir el mismo procedimiento de los retos anteriores convirtiendo el número a texto, en este caso, tras convertir el dato se adiciona un bloque de texto, que permite visualizar el número procedente del contador y un texto definido por los estudiantes, con el fin de que la presentación de los datos se haga de una forma más elegante.



El timer que se encuentra después de la pantalla permite tomar los tiempos que tarda en encontrar cada acierto, este tiempo está dado en milisegundos pero se convierte a segundos mediante el bloque de operaciones aritméticas nuevamente, pero utilizando la división entre mil.

Estos valores provenientes del timer deben guardarse en un archivo como se realizó en el reto 6, para posteriormente ser graficados y analizados. Afuera del ciclo se tiene un bloque de movimiento, el cual hará que el carro cambie de dirección si encuentra obstáculo, independientemente del color de este. Como sugerencia adicional se podrían implementar afuera de todo el ciclo los siguientes tres bloques que guardarán el dato del número de aciertos, para no tener que realizar el conteo manualmente, sino que quede almacenado en la memoria del NXT, es importante que el nombre que se le asigne a este sea diferente al archivo que almacena los tiempos.



Entregable

Como se menciono anteriormente, al terminar este reto se espera que los estudiantes hagan un análisis de mayor nivel que contenga no solo los resultados de la carrera sino que pueda evidenciar lo que han aprendido a lo largo del proyecto.

En este reto específicamente, se podrá realizar una gráfica proveniente de los datos guardados que equivalen a los tiempos que tarda el robot en encontrar cada objeto de color rojo. Un ejemplo de esta gráfica se presenta a continuación, en la cual se realiza una regresión lineal con los datos obtenidos y se presenta la que sería la ecuación de la recta.

Acierto	*Tiempo*	Tiempo entre aciertos
1	2,28	2,28
2	9,62	7,34
3	30,98	21,36
4	40,61	9,63
5	50,98	10,37

Adicionalmente, se pueden obtener el promedio, desviación estándar, moda y mediana, a partir de los datos que se encuentran en la tabla:

Promedio	10,196
Desviación	6,996522708
Mediana	9,63

Reflexión final

Al culminar la clase es muy importante que los alumnos expresen sus opiniones acerca de lo que aprendieron, lo que se les dificultó y que se podría mejorar. De igual manera el docente debe expresar su propia opinión acerca de estos ítems, en pro de lograr prácticas cada vez mas enriquecedoras. Si surgen preguntas adicionales es importante que el maestro tome nota de estas y las resuelva.

GUÍAS PARA ESTUDIANTES

MÓDULO STEM DIRIGIDO A ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA

RETO 0: INTRODUCCIÓN A LEGO

TENER UN PRIMER ACERCAMIENTO AL KIT DE LEGO MINDSTORMS, PARA DE ESTA MANERA CONOCER LAS PARTES MÁS IMPORTANTES, EL MANEJO DEL SOFTWARE CON CADA UNO DE SUS BLOQUES E INICIAR LA INTERACCIÓN CON ESTE.

Objetivos

- Lograr exponer las expectativas de los estudiantes con respecto al trabajo con herramientas LEGO, en cuanto a los beneficios que puede brindar el uso de robots educativos en un aula de clase.
- Los estudiantes tendrán un primer acercamiento con el entorno gráfico de Lego Mindstorms, conociendo cada uno de sus bloques y la utilidad de los mismos y creando un programa de un alto grado de sencillez que permita reproducir un sonido tan pronto se pone en marcha el bloque de control

Tiempo estimado: 90 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

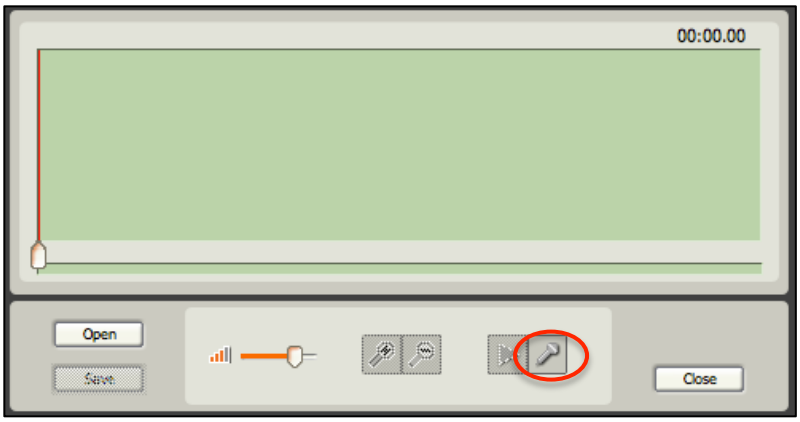
Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador

Actividad

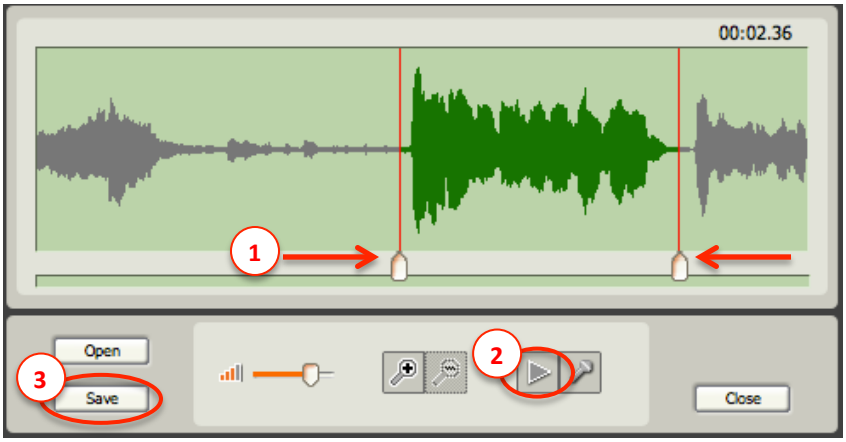
Teniendo en cuenta la descripción de los bloques que el profesor realizó y que se encuentra en el documento que se entregó a cada grupo, diseñar un pequeño programa que ejecute un archivo de audio tan pronto se inicialice el bloque de control, este archivo puede ser una señal sonora predeterminada o puede ser creada por el grupo.

En caso de que se desee crear su propio sonido será necesario seguir los pasos a continuación:

Tools > Sound Editor



Hacer click en el micrófono y comenzar a grabar, una vez finalizado el mensaje a grabar hacer click nuevamente en el mismo icono y seguidamente en el botón “play”, escuchar la grabación y mediante los cursores seleccionar el segmento que será guardado para reproducirlo mediante el NXT. Hacer click en “Save”, asignarle un nombre y nuevamente click en “save”. A partir de este momento el sonido personalizado estará listo para ser usado.



Conceptos para la siguiente sesión

- Modelos de ensamblaje de carros con LEGO, ventajas y desventajas de los modelos vistos
- ¿Cómo programar en LEGO?

RETO 1: MOVIMIENTO DEL MOTOR

LOGRAR QUE EL ROBOT SE DIRIJA HACIA DELANTE POR UN TIEMPO DETERMINADO Y HACIA ATRÁS DURANTE EL MISMO TIEMPO, LUEGO HACER QUE ESTE SE DETENGA.

Objetivos

- Usar ciclos (Loop) en el desarrollo del programa para lograr que la actividad que realice el robot se ejecute más de una vez, ya sea infinitamente, durante un tiempo o hasta completar un numero de ciclos.
- Realizar un desplazamiento en línea recta hacia delante durante 10 segundos, luego hacia atrás durante el mismo tiempo, observando los cambios que ocurren cuando se modifica la potencia del motor, el tipo de llantas y/o el sistema de engranajes.
- Desarrollar pseudo-códigos y aplicarlos para lograr una mayor comprensión del problema.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador

Antes de comenzar: Discutir acerca de las soluciones investigadas por cada uno de los integrantes del grupo, revisar en que cambia el desempeño del robot si se utilizan llantas u oruga, si se utilizan engranajes o no.

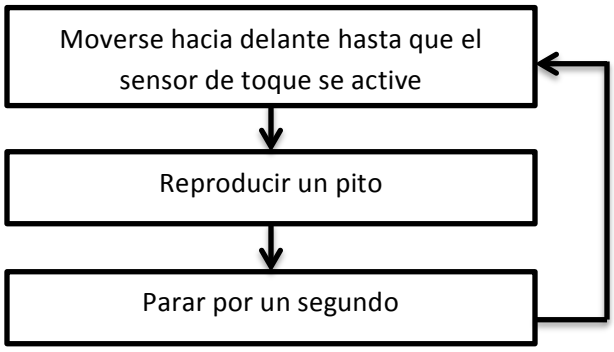
Preguntas

- ¿Cuál es la diferencia entre los bloques “Move” y “Motor”?
- ¿Es posible ver cuantas rotaciones realiza el motor en este tiempo?
    - *Conceptos de velocidad angular y frecuencia*
- ¿Qué variables se pueden modificar para lograr que el robot vaya más rápido? ¿Para que vaya más lento?
- ¿Cómo hacer que el robot repita este procedimiento infinitamente? ¿Cómo lograr que lo repita 5 veces?

- ¿Qué aprendizajes quedan de este reto?

Ayuda

Si bien el NXT se debe programar mediante el software, es de gran ayuda pensar en términos sencillos cómo debe ser este código, sabiendo exactamente qué se quiere que haga el robot. Una buena idea es hacer una lista de los pasos que debe realizar el robot, esta lista puede ir enumerada o puede ser una secuencia, donde se vea claramente el proceso que realiza. Esto simplemente va a organizar las acciones que el robot debe realizar en palabras, hay muchas formas de realizarlo, a continuación se propone un diagrama de bloques que muestra la secuencia a seguir.



El bloque “Loop” permite repetir secuencias de un código, lo único que se debe tener en cuenta para obtener las condiciones deseadas es modificar la condición que finaliza el ciclo, esta puede ser un tiempo determinado, el numero de repeticiones, una señal lógica o un sensor, también es posible que este ciclo sea infinito.

El siguiente ejemplo muestra como se puede hacer uso de este bloque, en este caso el ciclo se acaba cuando se acciona el sensor de toque, o lo que significaría cuando se presiona un interruptor:

Conceptos para la siguiente sesión

- Propiedades del sonido
- Funcionamiento del sensor ultrasónico y sus aplicaciones

RETO 2: SENSOR ULTRASÓNICO

OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DEL SENSOR A MEDIDA QUE SE APROXIMA A UN OBJETO, TOMANDO LA DISTANCIA DESDE LA CUAL DETECTA EL OBSTÁCULO Y QUE PASA A MEDIDA QUE SE APROXIMA O SE ALEJA DEL MISMO.

Objetivos

- Definir la distancia máxima y mínima que detecta el sensor ultrasónico.
- Hallar la forma adecuada de visualizar los datos provenientes del sensor en la pantalla "Display".
- Comparar los datos que aparecen en la pantalla, acerca de la distancia, con una medición real realizada con un instrumento de medición, a partir de esto hallar el error porcentual del sensor respecto al valor real.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, instrumento de medición (regla o metro)

Preguntas

- ¿Cuál es la distancia mínima que detecta el sensor con un error aceptable? ¿Cuál es la distancia máxima?
- ¿Cuál es el rango del sensor?
- ¿Cuál es el error porcentual?
- ¿Existen formas de disminuir el error porcentual? (objetos más grandes, objetos iluminados, mayor cercanía…)

Ayuda

El sensor ultrasónico genera datos numéricos como salida, ya que equivalen a las distancias que ha detectado desde este hasta el sensor; sin embargo, la pantalla del NXT no permite visualizar datos que tengan formato de número, por lo que es importante convertir el número que entrega el sensor a texto.

La mejor forma de presentar los datos obtenidos es realizando una tabla ordenada, que facilite el uso de estos datos en futuras aplicaciones.

Conceptos para la siguiente sesión

- Relación entre rotaciones y grados en un motor

RETO 3: MOVIMIENTO CON SENSOR ULTRASÓNICO

COMBINACIÓN DE LOS DOS RETOS ANTERIORES HACIENDO QUE CADA VEZ QUE EL ROBOT DETECTE UN OBSTÁCULO ACTIVE UNA SEÑAL Y CAMBIE DE DIRECCIÓN HASTA QUE DETECTE EL SIGUIENTE, REALIZANDO 4 VECES ESTE PROCEDIMIENTO.

Objetivos

- Realizar varios desplazamientos con el robot evitando que éste se estrelle con obstáculos o paredes, y llegando hasta el punto final en el menor tiempo.
- Realizar toma de decisiones múltiples mediante el robot, evaluando sí hay presencia de obstáculo o no y ejecutando una acción en cada uno de los casos, ya sea continuar desplazándose o cambiar la dirección del robot.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

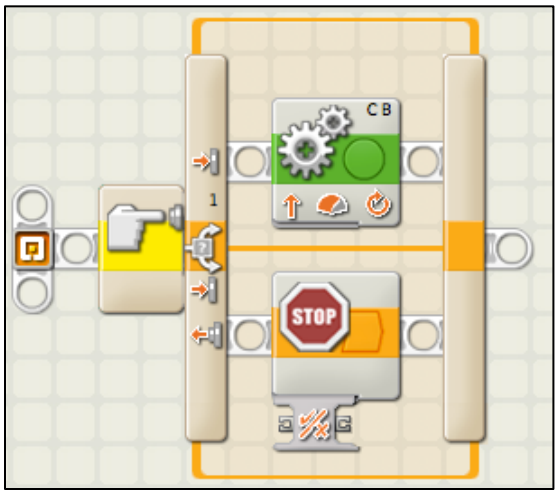
Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, obstáculos, cronómetro

Preguntas

- ¿Cuál es la mejor forma de que el robot observe la mayor cantidad de obstáculos, sin tropezar con estos?

Ayuda

La utilidad de los switch se hace evidente cuando se tienen que tomar decisiones, en este caso se debe realizar una acción si hay obstáculo y otra si no lo hay. A continuación se presenta un ejemplo del uso de este bloque, en el cual cuando se presiona el sensor de toque el robot se desplazará hacia delante y cuando se vuelve a presionar parará todo el programa.



Conceptos para la siguiente sesión

- Comportamiento de la luz
- Espectro de luz visible
- Longitud de onda de cada color en el espectro

RETO 4: SENSOR DE COLOR

OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DEL SENSOR FRENTE A DIFERENTES COLORES Y EL RANGO DE DETECCIÓN DEL MISMO.

Objetivos

- Hallar la distancia máxima y mínima a la cual el color es correctamente identificado por el sensor.
- Comprender el comportamiento del sensor de color, asignando valores numéricos a cada uno de los colores que detecta.
- Describir el comportamiento de la luz y la forma cómo el sensor logra detectar cada uno de los colores presentes en el rango de luz visible.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, paleta de colores

Preguntas

- ¿Cuál es la distancia mínima a la que el sensor es capaz de identificar el color correcto? ¿Cuál es la distancia máxima?
- ¿Qué ocurre si el objeto de color no se encuentra entre los seis colores que identifica el sensor, es decir si es rosado, naranja, gris…?
- ¿El sensor logra reconocer mejor un objeto grande o uno pequeño? ¿Uno brillante o uno opaco?
- ¿Qué color identifica si pone su dedo pulgar en el sensor? ¿Por qué ocurre esto?

RETO 5: SENSOR DE COLOR Y MOVIMIENTO

DETECTAR COLOR MEDIANTE EL SENSOR Y EMITIR UN SONIDO PARA CADA COLOR QUE DETECTE, REALIZANDO A SU VEZ UNA ACCIÓN DIFERENTE CON CADA COLOR

Objetivos

- Reconocer una pista siguiendo las indicaciones de colores que en ella se encuentran y que determinan la acción a realizar.
- Asignar señales sonoras acordes a cada uno de los colores, así como acciones que impliquen movimiento.
- Crear bloques personalizados para ser utilizados en etapas siguientes, con el fin de realizar programas más eficientes en cuanto a espacio y facilitar el uso de comandos utilizados con alta frecuencia.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, obstáculos, cronómetro

Ayuda

Se deben tener en cuenta absolutamente todos los casos, por lo que es conveniente realizar un pseudo-código que les permita ver la forma lógica en la que piensa el robot. Una posibilidad es indagar por cada par de casos, hasta que no quede ningún caso por fuera.

Conceptos para la siguiente sesión

- Estadísticos descriptivos (media, mediana, moda, desviación estándar)
- Caracterización de sensores: Exactitud, precisión, histéresis

RETO 6: TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS

MEDIANTE EL SENSOR ULTRASÓNICO RECORRER UNA DISTANCIA HACIA ADELANTE Y HACIA ATRÁS GUARDANDO LOS DATOS DE LA DISTANCIA QUE EL SENSOR OBSERVA HASTA EL OBSTÁCULO PARA POSTERIORMENTE ANALIZARLOS ESTADÍSTICAMENTE.

Objetivos

- Mediante el sensor ultrasónico realizar diez mediciones, cinco desde la menor distancia detectada por el sensor hasta la mayor y cinco desde la mayor hasta la menor, analizar estos datos para de esta manera caracterizar el sensor ultrasónico en términos de exactitud y precisión.
- Graficar cada uno de los recorridos que realizó el carro en términos de distancia recorrida contra muestras.
- Analizar datos obtenidos en un experimento con varias repeticiones, hallando la media y la desviación estándar.

Tiempo estimado: 120 minutos

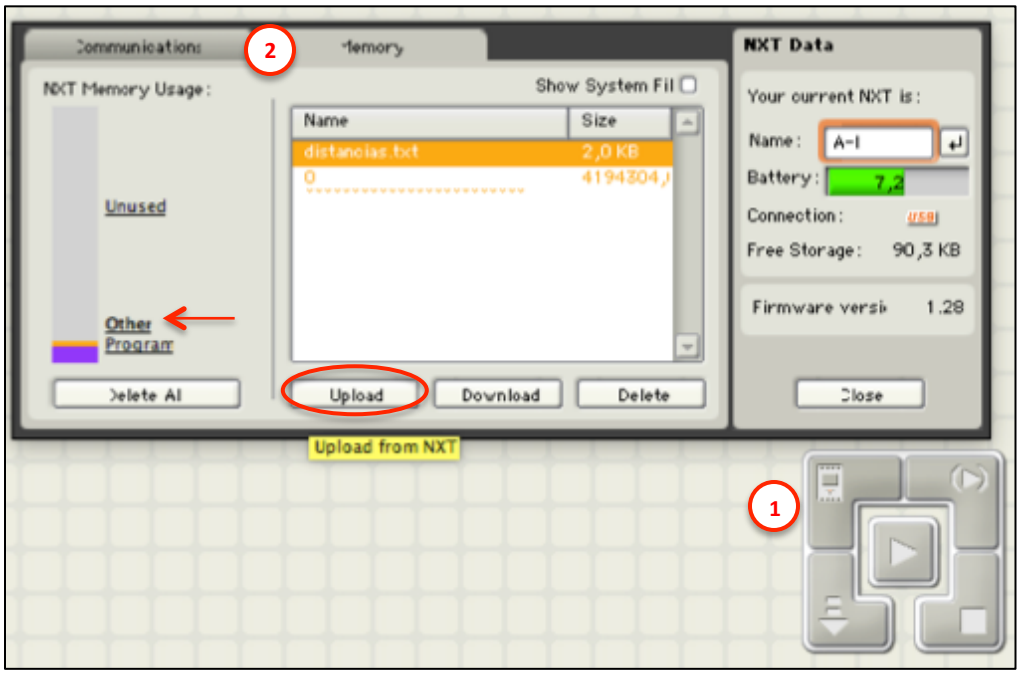
Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, instrumentos de medición

Ayuda

A diferencia de los retos anteriores, en este caso no se trata de dos eventos que dependen el uno del otro, sino que son eventos independientes que se espera que se logren realizar hasta finalizar.

Almacenar los datos en el NXT se realiza mediante los bloques normales, sin embargo estos bloques siempre deben ir en grupos de tres para lograr escribir el dato, cerrarlo y leerlo. Dado que no es de nuestro interés leerlo mediante el NXT, este último se puede obviar. Para acceder al archivo generado por el robot se debe seguir el siguiente procedimiento: conectar el bloque de control NXT al computador mediante el cable USB y hacer click en NXT Window, allí aparecerá la siguiente ventana:



Hacer click en “memory” y allí en “other”, en “other” debe aparecer el archivo que se guardó con el nombre que cada grupo le haya asignado, se selecciona y luego click en “upload”, se sugiere guardarlo en el escritorio para encontrarlo fácilmente. El archivo está en formato .txt, el cual se puede abrir fácilmente con cualquier editor de texto, generalmente se puede abrir en block de notas y copiar los datos a un archivo de Excel que permita una mayor manipulación de los datos y realizar el análisis con más facilidad.

RETO FINAL: CARRERA DE OBSTÁCULOS CON SELECCIÓN DE COLOR

LOGRAR QUE EL ROBOT RECORRA UNA PISTA HASTA ENCONTRAR UN OBJETO, EL CUAL EN CASO DE SER ROJO SERÁ CONTADO COMO UN LOGRO Y EN CASO DE SER DE UN COLOR DIFERENTE DEBE SER DEJADO COMO ESTÁ PARA SEGUIR BUSCANDO HASTA ENCONTRAR EL SIGUIENTE OBJETO DE COLOR ROJO.

Objetivos

- Demostrar el aprendizaje obtenido a lo largo de cada uno de los retos, en cuanto a sensores, motores y comandos básicos de programación.
- Encontrar el mayor numero de objetivos posibles en un periodo de tiempo dado, en pro de completar la tarea.

Tiempo estimado: 120 minutos

Organización del espacio: Grupos de máximo 4 personas

Materiales: Lego Mindstorms, software NXT 2.0, Computador, obstáculos

Reflexión final

- ¿Qué aprendizajes obtuvo a lo largo del proyecto?

- ¿Cuáles fueron las dificultades encontradas a lo largo del proyecto y cómo logro superarlas?

- ¿Le gustaría seguir utilizando herramientas como LEGO para el aprendizaje en las aulas de clase?

- ¿Qué sugerencias haría con respecto al proyecto?