



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN
EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA**

Boris Aroldo Enriquez Arrecis

Asesorado por el Ing. José Ricardo Morales Prado

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN
EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BORIS AROLDO ENRIQUEZ ARRECIS

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ RICARDO MORALES PRADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Floriza Felipa Ávila Pesquera
EXAMINADOR	Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
EXAMINADORA	Inga. Susan Verónica Gudiel Herrera
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha 9 de octubre de 2015.



Boris Aroldo Enriquez Arrecis



FIUSAC
Universidad de San Carlos
de Guatemala

Guatemala, 24 de mayo de 2016.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería

Respetable Inga. Classon:

Reciba un cordial saludo. Por este medio informo que he revisado y aprobado el informe final del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) titulado: **"CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA"**, desarrollado por el estudiante **Boris Aroldo Enriquez Arrecis**, quien se identifica con el número de **carne 200714272**. Considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el estudiante como autor y mi persona, como asesor, damos por concluido dicho informe final.

Agradezco su atención a la presente.

Atentamente,


José Ricardo Morales Prado
INGENIERO EN SISTEMAS
COLEGIADO No. 4746
Escuela de Ciencias y Sistemas
Asesor de EPS



Guatemala, 26 de mayo de 2016.
REF.EPS.DOC.353.05.2016.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, **Boris Aroldo Enriquez Arrecis** carné No. **200714272** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Floriza Felipa Ávila Posquera de Medina
Supervisora de EPS
Área de Ingeniería en Ciencias y Sistemas



FFAPdM/RA



Guatemala, 26 de mayo de 2016.

REF.EPS.D.242.05.2016.

Ing. Marlon Antonio Pérez Turk
Director Escuela de Ingeniería Ciencias y Sistemas
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Perez Turk:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Boris Aroldo Enriquez Arrecis carné No. 200714272**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Ricardo Morales Prado y supervisado por la Inga. Floriza Felipa Ávila Pesquera de Medinilla.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y la Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCsP/ra





Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 1 de Junio de 2016

Ingeniero
Marlon Antonio Pérez Türk
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación-EPS del estudiante **BORIS AROLD ENRIQUEZ ARRECIS** carné **200714272**, titulado: **“CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA”** y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,


Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24767644

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación **"CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA"**, realizado por el estudiante **BORIS AROLD ENRIQUEZ ARRECIS** aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Maylon Antonio Pérez Türk
Director

Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas



Guatemala, 09 de septiembre de 2016

Universidad de San Carlos
de Guatemala

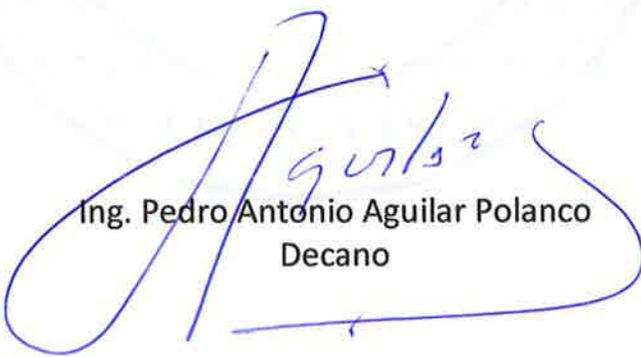


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 406.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al Trabajo de Graduación titulado: **CURSO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA JÓVENES DE 10 A 15 AÑOS EN EL INSTITUTO DE COOPERACIÓN SOCIAL (ICOS), GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Boris Aroldo Enriquez Arrecis**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mis abuelos

Elizabeth López y Juan Arrecis, por su cariño, apoyo y dedicación durante toda mi vida.

Mi madre

Magaly Arrecis, por su cariño, paciencia y apoyo incondicional durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Pueblo de Guatemala	Por permitirme acceder a la educación superior.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una fuente de conocimiento e inspiración, así como una segunda casa y el origen de experiencias inolvidables.
Instituto de Cooperación Social (ICOS)	Por permitirme devolverle un poco al pueblo al cual me debo y darme la grata experiencia de compartir un poco de conocimiento.
Mi madre	Magaly Arrecis, por ser mi mayor apoyo en la vida, mi mejor amiga y compañera, así como por su abnegación y ser un ejemplo de rectitud.
Mis amigos de la Facultad	Diego Castellanos, Julio Hernández, Rossana Quinto, Mario Asencio, Rogelio Arroyo, Marvin Castillo, Ruperto Zea, Francisco Ixtamalíc, Francisco Cifuentes y Javier Godoy, por su apoyo y amistad.
Mildred Guerra	Por su amistad y alentarme durante toda la carrera y motivarme a alcanzar mis metas.
Ricardo Morales	Por su orientación y el apoyo brindado para el desarrollo de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes del ICOS	1
1.1.1. Información general	1
1.1.2. Servicios	2
1.1.3. Visión.....	2
1.1.4. Misión	2
1.1.5. Ubicación y contacto.....	2
1.2. Antecedentes del proyecto	3
1.2.1. Introducción a la programación y robótica	3
1.2.2. Robótica educativa	4
1.2.3. Juguetes y compañía LEGO.....	4
1.2.4. Mindstorms	4
1.2.5. Metodología 4C	5
2. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	7
2.1. Descripción del proyecto	7
2.1.1. Fase de investigación.....	8
2.1.2. Fase de ejecución.....	10
2.1.3. Fase de análisis de resultados y mejoras.....	11
2.2. Material didáctico.....	12

2.2.1.	Especificaciones del ladrillo inteligente de LEGO Mindstorms NXT 2.0.....	15
2.3.	Metodología de enseñanza	16
2.3.1.	Contenidos de los talleres de los cursos de robótica educativa	17
2.4.	Análisis de resultados	21
2.4.1.	Talleres.....	21
2.4.2.	Evaluaciones	40
2.4.3.	Presentación de proyectos	43
	CONCLUSIONES.....	47
	RECOMENDACIONES	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	APÉNDICES.....	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fases para el desarrollo del proyecto	8
2.	Dispositivo LEGO Mindstorms RCX 2.0	13
3.	Dispositivo LEGO Mindstorms NXT 2.0	14
4.	Dispositivo LEGO Mindstorms EV3.....	15
5.	Partes del ladrillo inteligente NXT 2.0	16
6.	Actividades iniciales, taller 1	23
7.	Construcción modelo base, taller 1	23
8.	Programación de robot, taller 2	25
9.	Modificación de programas, taller 2	25
10.	Presentación sobre programación estructurada, taller 3.....	27
11.	Explicación sobre programación estructurada, taller 3.....	27
12.	Práctica de programación estructurada, taller 3.....	28
13.	Curso de programación estructurada, taller 3	28
14.	Dispositivo para alojar el sensor de ultrasonido, taller 4	30
15.	Alojando el sensor de sonido en el robot, taller 4.....	30
16.	Construcción de dispositivo para sensor, taller 5	32
17.	Construcción de dispositivo para sensor de tacto, taller 5	32
18.	Robot con sensor de tacto instalado, taller 5	33
19.	Práctica de uso del sensor de tacto, taller 5.....	33
20.	Dispositivo para alojar sensor de color, taller 6.....	35
21.	Instalación del sensor de color, taller 6	35
22.	Construcción de robot inteligente, taller 7	37
23.	Programación de robot inteligente, taller 7	37

24.	Práctica de robot inteligente, taller 7	38
25.	Robots inteligentes, taller 7.....	38
26.	Práctica de sensores de sonido, taller 8	39
27.	Competencias de robots inteligentes, taller 8	40
28.	Evaluación de desempeño inicial primer curso	41
29.	Evaluación de desempeño final del primer curso	41
30.	Evaluación de desempeño inicial segundo curso	42
31.	Evaluación de desempeño final segundo curso.....	42
32.	Exposición de robots inteligentes.....	45

TABLAS

I.	Atributos del dispositivo LEGO Mindstorms RCX 2.0	12
II.	Atributos del dispositivo LEGO Mindstorms NXT 2.0.....	13
III.	Atributos del dispositivo LEGO Mindstorms EV3	14
IV.	Detalles del ladrillo inteligente LEGO Mindstorms NXT 2.0.....	15
V.	Contenidos de introducción y programación con sensores.....	18
VI.	Contenidos de construcción y programación	20
VII.	Taller 1: Introducción a la programación.....	22
VIII.	Taller 2: Creación y modificación de programas.....	24
IX.	Taller 3: Programación estructurada.....	26
X.	Taller 4: Construcción y programación de robots I.....	29
XI.	Taller 5: Construcción y programación de robots II.....	31
XII.	Taller 6: Construcción y programación de robots III.....	34
XIII.	Taller 7: Construcción y programación de robot inteligente I	36
XIV.	Taller 8: Construcción y programación de robot inteligente II	39
XV.	Presentación de proyectos	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AVR8	Microprocesador de 8 bits
ARM7	Microprocesador de 32 bits de la familia ARM basada en arquitectura Von Neumann
ARM9	Microprocesador de 32 bits de la familia ARM basada en arquitectura Harvard
AA	Tamaño de batería o pila doble A
EV3	Último modelo de la línea LEGO Mindstorms
ICOS	Instituto de Cooperación Social
KB	Kilobytes
KHz	KiloHertz
MHz	MegaHertz
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts
NXT	Modelo de la línea LEGO Mindstorms
RAM	Memoria de acceso aleatorio del inglés <i>Random Access Memory</i>
RCX	Primer modelo de la línea LEGO Mindstorms
RGB	Referencia a los colores rojo, verde y azul en inglés <i>Red-Green-Blue</i>
ROM	Memoria de solo lectura del inglés <i>Read Only Memory</i>
USB	Medio de transferencia serial universal en inglés <i>Universal Serial Bus</i>
SDHC	Tarjeta de almacenamiento de satos secundario

US\$

Dólares de Estados Unidos de América

WiFi

Mecanismo de conexión inalámbrico de dispositivos electrónicos para conectarse a internet

GLOSARIO

Anidada	Conjunto de instrucciones lógicas que se encuentran contenidas dentro de otra instrucción lógica.
Heurístico	Estrategia de descubrimiento que busca llegar a soluciones de problemas, mediante un pensamiento divergente y creativo. Esta forma de pensamiento se logra como consecuencia de aplicar continuamente un proceso de prueba y error, con lo que se crea una base empírica que permite asociar soluciones de experiencias anteriores para llegar a la solución de un problema actual.
Iterativa	Proceso que se desarrolla de manera repetitiva en un orden definido. A cada repetición de un proceso se le llama iteración.
Pensamiento sistémico	Capacidad de abstraer problemas al conceptualizarlos como un proceso que se puede subdividir en tareas más pequeñas, menos complejas y más sencillas de resolver y que en conjunto resuelven el problema original.

Programación

Proceso mediante el cual se define un algoritmo en un determinado lenguaje para ser convertido posteriormente a instrucciones de máquina (código binario). El proceso de definir dicho algoritmo implica el diseño y la codificación de un conjunto de instrucciones lógicas, finitas y concisas.

Robótica

Rama de la tecnología que abarca múltiples disciplinas como la mecánica, electrónica e informática. Persigue la emulación de algún comportamiento o proceso humano con el fin de optimizarlo mediante la automatización del mismo.

4C

Metodología de enseñanza aprendizaje desarrollada por LEGO basada en: construir, contemplar, conectar y continuar.

RESUMEN

El proyecto de robótica educativa surge por la búsqueda de un medio para incorporar y facilitar la enseñanza de programación en el p ensum de estudio de jóvenes de entre 10 a 15 años. De igual manera, persigue el desarrollo de competencias analíticas, resolución de problemas y un pensamiento sistémico.

Teniendo en cuenta la población objetivo, se optó por contar con el apoyo del Instituto de Cooperación Social (ICOS) y utilizar un medio de programación visual que fuese intuitivo, y de igual manera, motivase a los alumnos; por lo que se decidió utilizar LEGO Mindstorms como herramienta didáctica. Además se tomaron elementos pertenecientes a la metodología de las 4C (Cuatro C o Four C) desarrollada por LEGO Education para el desarrollo de los cursos.

Se realizaron dos cursos de robótica educativa, conformados por ocho talleres cada uno, con distintos grupos de alumnos, en donde se abordaron conceptos generales de robótica, programación y elaboración de diagramas de flujo. Los talleres crearon un ambiente de aprendizaje lúdico por descubrimiento guiado, donde la mayoría de alumnos tuvo su primera experiencia en: construcción de componentes mecánicos, manipulación de dispositivos electromecánicos, programación y robótica.

Al inicio de cada taller se presentó un elemento electrónico LEGO nuevo, que posteriormente se integr  al robot de cada alumno, para el desarrollo de ejercicios y problemas. Se realizaron evaluaciones al inicio y al final del curso para identificar el progreso en razonamiento lógico y resolución de problemas de cada alumno. Los resultados obtenidos denotan una mejora considerable en

la velocidad de resolución de problemas lógico-matemáticos y de abstracción espacial, así como una leve mejora en la puntuación de los mismos.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un medio de apropiación del conocimiento para jóvenes entre 10 a 15 años, enfocado a facilitar la enseñanza de robótica y programación, así como introducir y despertar interés en los alumnos por dichas áreas.

Específicos

1. Adaptar la metodología 4C (Cuatro C o Four C) de LEGO para desarrollarse en talleres de 2-3 horas de duración.
2. Ejecutar dos cursos de robótica educativa con ocho sesiones (talleres) cada uno donde se abarquen instrucciones básicas de programación.
3. Mejorar el rendimiento en las evaluaciones de razonamiento lógico y resolución de problemas en los alumnos al finalizar el curso.
4. Evaluar la capacidad de razonamiento lógico y resolución de problemas en los alumnos del curso por medio de pruebas prácticas, tanto al inicio como al finalizar el curso.
5. Desarrollar la capacidad en los alumnos de crear e interpretar diagramas de flujo básicos que le permitan programar el ladrillo inteligente (LEGO NXT 2.0) con instrucciones básicas (secuenciales, iterativas y anidadas).

INTRODUCCIÓN

El proyecto consistió en realizar, durante agosto a diciembre de 2015, dos cursos de robótica educativa, cada uno con distintos grupos de alumnos, desarrollado en ocho talleres teórico-prácticos impartidos los días sábados en las instalaciones del Instituto de Cooperación Social (ICOS). Los talleres estuvieron enfocados en la presentación, explicación y manejo de dispositivos electrónicos marca LEGO, que posteriormente fueron incorporados al robot.

Durante cada taller, los alumnos manipularon y experimentaron con elementos de robótica, tales como: motores, sensores y partes mecánicas que incorporaron a su propio robot, para lograr completar diferentes retos presentados en clase. Cada reto tenía como objetivo que el alumno aprendiera a interpretar un problema y fuera capaz de descomponerlo en elementos más sencillos de resolver.

Mediante este sistema, el alumno creó progresivamente su propia solución al problema, por medio del autodescubrimiento por prueba y error, en un ambiente lúdico que mantuvo su atención, el cual le permitió materializar sus soluciones de manera sencilla.

Al finalizar el último taller, en cada curso se evaluaron las capacidades de razonamiento lógico y resolución de problemas, mediante un instrumento de evaluación que permitió cuantificar las mejoras en dichas capacidades.

La experiencia en el desarrollo del primer curso permitió mejorar aspectos didácticos y de contenido del segundo curso. Al finalizar el mismo, durante la primera semana de diciembre, se realizó una presentación de los resultados obtenidos y proyectos elaborados por los alumnos del segundo curso a padres de familia y a invitados del Instituto ICOS.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes del ICOS

Para facilitar la enseñanza de robótica y programación e interesar a jóvenes en estos temas, se coordinaron acciones con el Instituto de Cooperación Social (ICOS), que cuenta con la infraestructura, equipo, personal con experiencia en programación y contacto con jóvenes de zonas identificadas como de riesgo social, quienes fueron invitados a participar en los cursos de robótica educativa.

1.1.1. Información general

ICOS es una organización no gubernamental, laica, apolítica y sin fines de lucro que se fundó en 1988; por lo que cuenta con más de 30 años de trayectoria ayudando al desarrollo de grupos de áreas marginales en riesgo social y vulnerables en Guatemala, satisfaciendo sus necesidades de educación no formal y de salud de acuerdo con ICOS, 2015 y Villalobos, et al. 2011.

Actualmente, ICOS trabaja en conjunto con comunidades organizándolas y brindando acceso a servicios básicos de salud y capacitando a jóvenes en áreas técnicas y de desarrollo humano, con el objetivo de mejorar sus calidad de vida, tanto en la ciudad de Guatemala, en las colonias Bethania y El Amparo II de la zona 7, como en el interior del país según Villalobos, et al. 2011 y con información obtenida en conversación con Karina Meléndez, Directora Ejecutiva de ICOS.

1.1.2. Servicios

El ICOS trabaja con jóvenes en riesgo social y alumnos de distintos centros educativos públicos en zonas marginales, quienes acuden a recibir en sus instalaciones talleres de: carpintería, cocina, repostería, panadería, inglés y computación. Asimismo, la institución brinda servicios de terapias del habla, apoyo psicológico, práctica de deportes y tutorías según lo indica WEGuatemala, 2015 y en conversación Karina Meléndez, Directora Ejecutiva ICOS.

1.1.3. Visión

“El Instituto ICOS busca ser una organización consolidada, que ofrezca calidad e innovación en sus servicios de desarrollo social. Así como fortalecer la sostenibilidad de los proyectos a través de alianzas estratégicas para beneficio de la población guatemalteca en riesgo social”¹.

1.1.4. Misión

“El Instituto ICOS pretende satisfacer a través de procesos integrales, necesidades de salud y educación no formal de grupos vulnerables y en riesgo social de Guatemala”².

1.1.5. Ubicación y contacto

Se localiza en la 38 avenida 32-21 zona 7, colonia El Amparo II, ciudad de Guatemala, Guatemala, Centro América.

¹ ICOS ORG, 2015.

² Ibíd.

El sitio web oficial es <http://www.icosguate.org/>, y los teléfonos de contacto son: (502) 2436-7081 y 2435-2789.

1.2. Antecedentes del proyecto

Los cursos de robótica educativa para jóvenes entre 10 a 15 años se desarrollaron en las instalaciones del ICOS para introducir estas capacidades en sus alumnos. Con este fin, se utilizaron juguetes educativos y herramientas de programación visual marca LEGO Mindstorms y la metodología 4C.

1.2.1. Introducción a la programación y robótica

Anteriormente, en el 2014 se desarrollaron en las instalaciones del ICOS talleres de programación, utilizando la herramienta de programación visual Scratch, en conversación José Ricardo Morales, asesor de trabajo de graduación y docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FIUSAC).

Dichos talleres buscaron el desarrollo de una lógica de programación en los alumnos, de igual manera, actualmente uno de los propósitos de los cursos de robótica educativa es el desarrollo de la lógica de programación.

Cada uno de los robots y sus distintos componentes desarrollados en los talleres fueron programados por los alumnos, utilizando la herramienta de programación visual LEGO Mindstorms NXT 2.0, propia de la marca LEGO.

1.2.2. Robótica educativa

Es toda aquella metodología de enseñanza aprendizaje que busca crear un medio de apropiación del conocimiento mediante el uso de elementos tecnológicos como robots y plataformas de programación, buscando potenciar habilidades cognitivas y sociales. De igual manera, persigue el desarrollo de la capacidad de abstracción y resolución de problemas en los alumnos según lo establecen Cruz, 2011 y Pitti, et al. 2014.

1.2.3. Juguetes y compañía LEGO

Originalmente, las piezas de construcción LEGO comenzaron a producirse como juguetes de madera en 1932, en un pequeño taller de carpintería propiedad de Ole Kirk Christiansen en Dinamarca. Para 1934 surgió la marca LEGO, cuyo nombre se deriva de las palabras danesas *leg godt*, que significan "jugar bien". En 1949, LEGO empezó la producción de piezas utilizando plástico y decidió empezar la producción de las primeras versiones de piezas interconectables, para posteriormente convertirse en los bloques que se comercializan actualmente de acuerdo con Lipkowitz, 2012.

Por otro lado, la compañía LEGO Group es una empresa familiar fundada en Dinamarca en 1932, y que actualmente cuenta con las patentes de los juguetes de marca LEGO.

1.2.4. Mindstorms

Línea de juguetes educativos desarrollado inicialmente por la empresa LEGO y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en 1998. Actualmente es comercializada por LEGO, la línea Mindstorms se especializa en dispositivos

electromecánicos programables, capaces de interactuar en forma conjunta para la construcción de robots básicos de acuerdo con Lipkowitz, 2012.

1.2.5. Metodología 4C

La metodología de las 4C, Cuatro C o Four C, fue desarrollada por la sección LEGO Education para ser implementada utilizando la línea de juguetes LEGO Mindstorms. En las aulas motiva a los estudiantes a buscar soluciones creativas y colaborativas, además estimula a aprender y aplicar el conocimiento obtenido en contextos cambiantes según LEGO Education, 2013a.

La metodología 4C se basa en las siguientes cuatro fases: conectar, construir, contemplar y continuar.

- **Conectar:** presenta una tarea o reto a los estudiantes con el objetivo de animarlos a generar preguntas e ideas antes de empezar a diseñar una solución. La solución se implementa con el conocimiento existente y las ideas del alumno de cómo aplicar dicho conocimiento.
- **Construir:** cada tarea o reto implica una actividad de construcción de un artefacto físico o "robot". Con ello se logra construir gradualmente el conocimiento que permitirá a los alumnos crear artefactos cada vez más complejos. Asimismo, realizar dicha tarea en conjunto, permite definir soluciones a problemas que tienden a ser mejores que las creadas individualmente.
- **Contemplar:** en esta fase, los estudiantes tienen tiempo para hablar, considerar y analizar lo que han aprendido y aplicado, en cada uno de los

distintos diseños creados. Se busca compartir el conocimiento como grupo e identificar otras posibles soluciones al reto inicial.

- Continuar: al finalizar un reto o tarea, empieza una nueva tarea que se construye con base en lo aprendido. Esta fase busca mantener al estudiante en un estado de flujo continuo de generación de ideas, totalmente sumergido en resolver la nueva tarea.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Descripción del proyecto

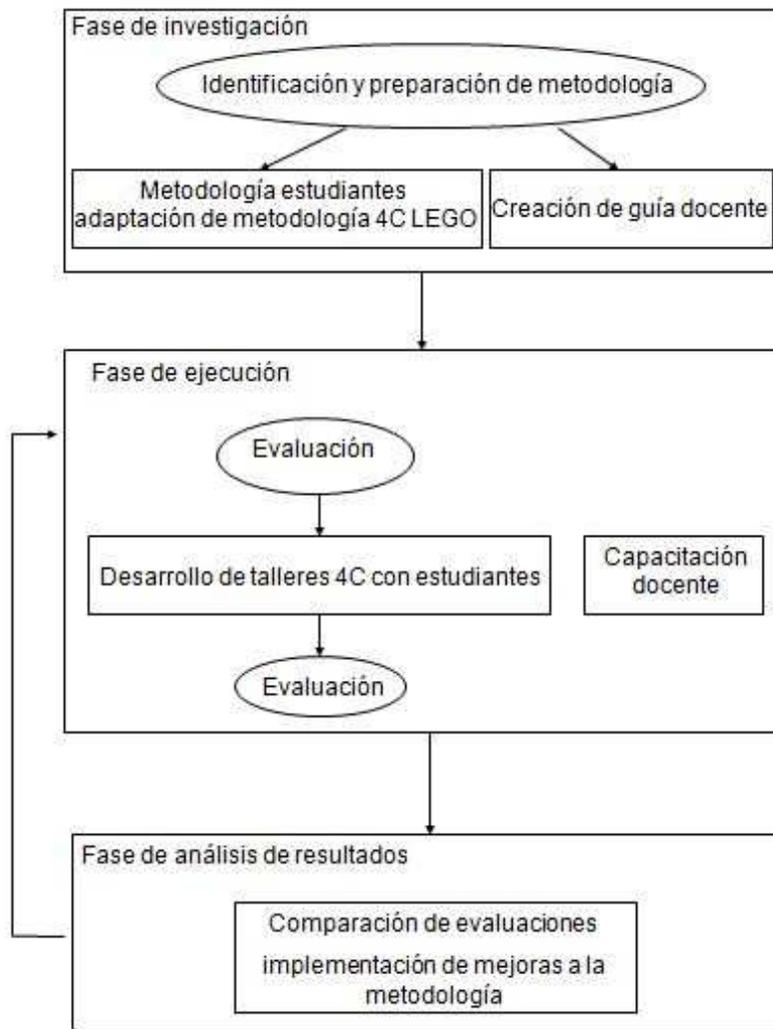
El proyecto consistió en la implementación de una metodología de enseñanza-aprendizaje por descubrimiento guiado, orientada a mejorar la capacidad de razonamiento lógico y de resolución de problemas en jóvenes de 10 a 15 años de una zona identificada como de riesgo social.

Con el fin de crear un ambiente de aprendizaje lúdico e heurístico, donde además se introdujo al alumno a las nuevas tecnologías, se implementaron ocho talleres de robótica educativa (para cada uno de los dos cursos desarrollados); como el medio de apropiación y transferencia de conocimiento. Los talleres se realizaron los sábados de agosto a diciembre de 2015, en el laboratorio de computación del ICOS.

El proyecto se realizó siguiendo una metodología iterativa, con el objetivo de mejorar los talleres al final de cada curso. Como se muestra en la figura 1, se plantearon tres fases para el desarrollo del proyecto: investigación, ejecución y análisis de resultados e implementación de mejoras.

Las fases de ejecución y la de análisis de resultados e implementación de mejoras se desarrollaron dos veces por curso. Se impartieron dos cursos con diferentes grupos de alumnos, con el objetivo de brindar la oportunidad de participar en el curso a una mayor cantidad de jóvenes; y enriquecer la metodología de enseñanza aprendizaje con las experiencias de cada ejecución.

Figura 1. **Fases para el desarrollo del proyecto**



Fuente: elaboración propia, utilizando programa Power Point.

2.1.1. **Fase de investigación**

Se definió un método de enseñanza que adaptó la metodología ya existente de LEGO para robótica educativa, conocida como " Cuatro C o Four C". De igual manera se identificó un mecanismo de evaluación para cuantificar los resultados al finalizar el curso.

Objetivos de la fase de investigación

- Identificar actividades clave desarrolladas en metodología 4C de LEGO para enseñanza de robótica.
- Identificar las especificaciones del equipo con que cuenta el ICOS para el desarrollo del curso.
- Identificar los medios necesarios para la elaboración, preparación y desarrollo de talleres teórico-prácticos de robótica utilizando LEGO.
- Evaluar las distintas versiones existentes de LEGO Mindstorms, así como definir la versión a utilizar.
- Evaluar distintos diseños de robots para el desarrollo de talleres de robótica educativa utilizando LEGO Mindstorms.
- Identificar medios de evaluación para cuantificar la capacidad de razonamiento lógico y resolución de problemas de los alumnos.

Acciones y medios

- Revisión de material asociado al desarrollo de talleres de robótica educativa desarrollados en Latinoamérica.
- Evaluación de las condiciones del equipo de cómputo del ICOS.
- Identificar las especificaciones de cada una de las versiones de LEGO Mindstorms.
- Evaluación del costo-beneficio de cada una de las versiones LEGO Mindstorms, así como la de cada uno de sus componentes.
- Consulta del material de apoyo al docente proporcionado por LEGO Education.
- Obtención de manuales para la elaboración de los modelos de robots propuestos a desarrollar.
- Revisión de material de evaluación, utilizado en pruebas cognitivas y de razonamiento.

Resultados esperados

- Definir materiales básicos a utilizar para el desarrollo del curso.
- Identificar la versión de LEGO Mindstorms que mejor se adapte a las necesidades y características del proyecto.
- Identificar los componentes esenciales para la elaboración de los distintos diseños de robots evaluados.
- Establecer un medio de evaluación.

2.1.2. Fase de ejecución

El proyecto contempló la ejecución de ocho talleres en cada uno de los dos cursos impartidos, en donde los estudiantes construyeron paso a paso pequeños proyectos, utilizando distintos componentes del sistema LEGO Mindstorms, con el objetivo de desarrollar sus capacidades de: abstracción y resolución de problemas, elaboración de algoritmos para el cumplimiento de objetivos y el desarrollo de un pensamiento sistémico.

Objetivos de la fase de ejecución

- Desarrollar ocho talleres teórico prácticos de robótica educativa.
- Desarrollar una evaluación que permita cuantificar la capacidad de razonamiento lógico y resolución de problemas de los alumnos al inicio, así como el impacto de cada curso, en los alumnos, al finalizar el mismo.
- Preparar en conjunto con los alumnos un proyecto libre por cada uno, para ser presentado a padres de familia e invitados al final del curso.

Acciones y medios

- Desarrollo de los ocho talleres teórico prácticos de robótica educativa en un espacio de 2-3 horas cada uno.
- Preparación del instrumento de evaluación y evaluar en los alumnos, de manera cuantificable, tanto al inicio del curso como al finalizar el mismo: la capacidad de abstracción, así como la capacidad de resolver problemas que impliquen la utilización de lógica matemática.
- Elaboración de un proyecto al finalizar los talleres, donde los alumnos desarrollen un problema a su elección.
- Presentación de proyectos a padres de familia e interesados, como parte de las actividades de presentación del ICOS.

2.1.3. Fase de análisis de resultados y mejoras

Como medio de evaluación, se diseñaron 20 preguntas con ejercicios abstractos de razonamiento lógico y resolución de problemas. En ambos cursos de robótica educativa, con distintos grupos de alumnos, se utilizó este mismo instrumento de evaluación al inicio del primer taller y al final del octavo taller.

Con ello, al inicio y al final de cada curso, se realizaron las evaluaciones para determinar el impacto que tuvieron los talleres en el desarrollo de las capacidades de razonamiento lógico y resolución de problemas (ver anexo 1) de los alumnos. Asimismo, con la experiencia obtenida durante el primer curso, se mejoraron varios aspectos de los talleres del segundo curso.

2.2. Material didáctico

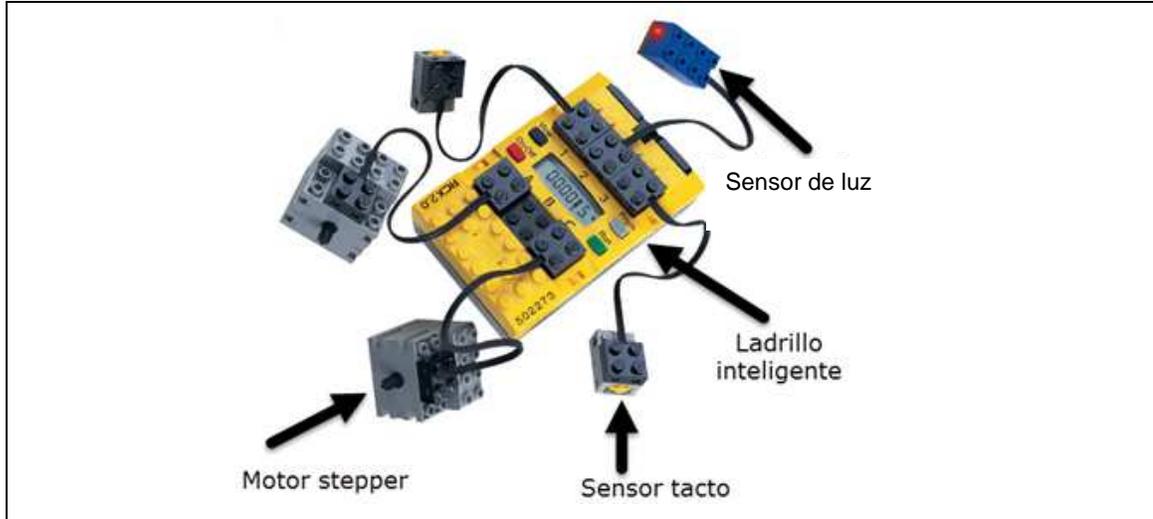
Según factores didácticos, técnicos y económicos se optó por utilizar la segunda generación de dispositivos LEGO Mindstorms, lanzada al mercado en el 2006. Para esta selección se analizaron los atributos de todas las generaciones de LEGO Mindstorms, teniendo en cuenta las características expuestas a en las tablas I, II y III; así como en las figuras 2, 3 y 4.

Tabla I. **Atributos del dispositivo LEGO Mindstorms RCX 2.0**

Características técnicas	Recursos didácticos	Factor económico
Generación RCX 2.0 (1998) 32 KB RAM 16 KB ROM Microprocesador Hitachi H8/300 16 MHz No dispone de memoria secundaria para almacenamiento de datos. Requiere de puerto serial de 9 pines para transmitir vía infrarrojo, programa a ejecutar. El kit incluye: 1 ladrillo inteligente 2 motores paso a paso (<i>stepper</i>) 2 sensores de tacto 1 sensor de luz	Software de programación poco intuitivo y llamativo. Incapaz de almacenar programas que se desarrollen de forma gradual por limitación de ejecución de un único programa.	Precio en rango de US\$ 60-80 dólares por set.

Fuente: LIPKOWITZ, Danie.I *The LEGO BOOK*. p. 174.

Figura 2. **Dispositivo LEGO Mindstorms RCX 2.0**



Fuente: ToysPeriod, 2016.

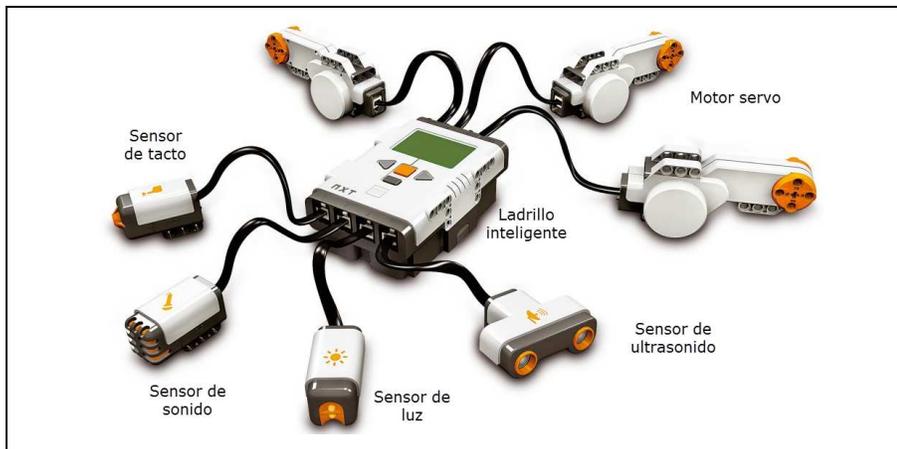
<https://www.toysperiod.com/img/cache/d0/800x600/d4e4o5g414u3y404y284t2n2s5h4c4r2b4w244q2b4v2v2.jpg>. Consulta: 6 de febrero de 2016.

Tabla II. **Atributos del dispositivo LEGO Mindstorms NXT 2.0**

Características técnicas	Recursos didácticos	Factor económico
Generación NXT 2.0 (2006) 64 KB RAM 256 KB Flash Microprocesador ARM7 48 MHz Bluetooth integrado Conexión vía USB 2.0 El kit incluye: 1 ladrillo inteligente 3 servo motores 1 sensor de luz 2 sensores de tacto 1 sensor de ultrasonido 1 sensor de sonido	Amplia bibliografía oficial para desarrollo de cursos, así como de la comunidad de robótica internacional de LEGO. La amplia variedad de sensores permite realizar una gran diversidad de ejercicios con cada uno de los mismos.	Precio en rango de US\$ 150-250 por set.

Fuente: LIPKOWITZ, Daniel. *The LEGO BOOK*. p. 176.

Figura 3. **Dispositivo LEGO Mindstorms NXT 2.0**



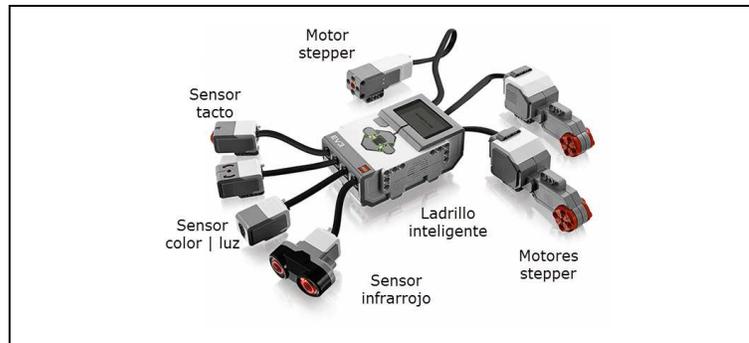
Fuente: Lipkowitz, Daniel. *The LEGO BOOK*. p.176.

Tabla III. **Atributos del dispositivo LEGO Mindstorms EV3**

Características técnicas	Recursos didácticos	Factor económico
Generación EV3 (2013) 64 MB RAM 16 MB <i>Flash</i> Microprocesador ARM9 300 MHz Ranura MicroSDHC Bluetooth integrado WiFi integrado Conexión vía USB 2.0 El kit incluye: 1 ladrillo inteligente 2 servo motores grandes 1 servo moto mediano 1 sensor infrarrojo 1 emisor de infrarrojo	Material didáctico proporcionado por LEGO Education.	Precio en rango de US\$ 350-400 por set.

Fuente: LEGO Education, 2013b; Valk, 2014. *The LEGO Mindstorms EV3 Discovery Book*. p. 4.

Figura 4. **Dispositivo LEGO Mindstorms EV3**



Fuente: LEGO Education, 2013b.

2.2.1. **Especificaciones del ladrillo inteligente de LEGO Mindstorms NXT 2.0**

El ladrillo inteligente en la versión de LEGO Mindstorms NXT 2.0 posee varias características (tabla IV y figura 5), que permitieron desarrollar los talleres de robótica educativa.

Tabla IV. **Detalles del ladrillo inteligente LEGO Mindstorms NXT 2.0**

- Microprocesador ARM7 32 bits, 256 KB memoria *flash* y 64 KB memoria RAM.
- Microprocesador AVR 8 bits, 4 KB memoria *flash* y 512 KB memoria RAM para los dispositivos de entrada y salida (sensores y motores).
- Comunicación inalámbrica vía *bluetooth*
- Cuatro puertos de entrada (para sensores)
- Tres puertos de salida (motores *stepper/servo*)
- Un altavoz de 8 KHz
- Puerto USB 2.0
- Fuente de alimentación en la parte posterior (6 baterías AA)

Fuente: LEGO Education, 2013b.

Figura 5. Partes del ladrillo inteligente NXT 2.0



Fuente: LEGO Education, 2013b.

2.3. Metodología de enseñanza

Se realizaron dos cursos de robótica educativa similares durante los sábados de agosto a diciembre de 2015, con distintos grupos de estudiantes. Cada curso se desarrolló en ocho talleres con los mismos contenidos teóricos y prácticos.

En cada taller se presentó y utilizó un nuevo elemento de LEGO Mindstorms. Posteriormente se desarrollaron ejemplos prácticos con dicho elemento y se procedió a que cada alumno construyese un dispositivo basado en el elemento utilizado en el taller, para luego integrarlo a su robot, con el fin de desarrollar una serie de ejercicios y problemas. Al terminar, cada estudiante planteó su propia solución al grupo.

Esta mecánica de trabajo tomó de la metodología 4C las etapas de:

- Conectar: se presentaron ejercicios y posteriormente retos que el alumno debió resolver con el conocimiento adquirido.
- Construir: al inicio de cada taller se presentó un nuevo elemento LEGO (motores y sensores), que posteriormente se construyeron e incorporaron al robot creado.
- Contemplar: al finalizar el último reto de cada taller, cada alumno compartió su solución del problema al resto del grupo.
- Continuar: en cada taller se presentaban ejercicios y retos a resolver que requerían la aplicación del conocimiento obtenido tanto del ejercicio anterior, como de talleres anteriores.

2.3.1. Contenidos de los talleres de los cursos de robótica educativa

Teniendo en cuenta factores como: la edad de los alumnos y la poca o nula experiencia en programación o construcción, el programa de los cursos se orientó a dedicar la mayor parte de tiempo de los talleres a construir, programar y solucionar problemas (retos).

Se utilizó como guía de trabajo el libro *The LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 DISCOVERY BOOK a beginner's guide to building and programming robots* del autor Laurens Valk, por la manera escalable en que se desarrolla cada uno de los componentes LEGO utilizados y la forma gradual en que se van integrando para el desarrollo de ejercicios cada vez más complejos.

De igual manera, se incluyó una breve explicación teórica al inicio de cada taller en relación al funcionamiento de los elementos LEGO a utilizar, con el fin

de ayudar al alumno a asociar conceptos que le faciliten la utilización de diversos componentes LEGO para la solución de problemas complejos.

Se tomó como referencia el programa de laboratorio utilizado para el curso de Introducción a la Programación y Computación 1, elaborado para el desarrollo de los talleres, para la inclusión de los temas; diagramas de flujo, programación y estructuras de control.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, cada uno de los dos cursos de robótica educativa se adaptó y dividió en ocho talleres que tuvieron las etapas de introducción, construcción, programación y resolución de problemas propuestos según el contenido expuesto a continuación (tablas V y VI).

Tabla V. **Contenidos de introducción y programación con sensores**

Taller 1: Introducción al curso	Taller 2: Creación de programas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentación 2. Descripción de las actividades a realizar 3. Evaluación 4. Introducción a la programación y a la robótica 5. Introducción a LEGO Mindstorms 6. Creación de primer robot (explorador) 7. Elaboración de primer programa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción al entorno de desarrollo NXT: <ul style="list-style-type: none"> • Paleta de bloques de programación • Área de trabajo • Área de inicio • Paleta de navegación y ayuda • <i>Robocenter</i> 2. Manejo de bloques: imagen, sonido y movimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Explicación de los bloques • Configuración bloque de sonido • Configuración bloque de imagen • Configuración bloque de movimiento • Utilización y ejemplos de bloques • Desarrollo de reto número 1

Continuación de la tabla V.

Taller 3: Programación estructurada	Taller 4: Construcción y programación de robots con sensores parte I
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción a diagramas de flujo. 2. Estructuras de control: <ul style="list-style-type: none"> • Estructura secuencial • Estructura selección • Estructura cíclica • Estructuras anidadas 3. Manejo de bloques: espera, desplaza-miento, ciclo y secuencial en paralela: <ul style="list-style-type: none"> • Explicación de los bloques. • Configuración bloque de espera. • Configuración bloque de desplazamiento. • Configuración bloque de ciclo. • Configuración bloque de secuencia paralela. • Utilización y ejemplos de los bloques. • Desarrollo de reto número 2. • Ejemplo de editor de bloque propio. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción a los sensores LEGO NXT 2.0. 2. Manejo del sensor de ultra sonido: <ul style="list-style-type: none"> • Explicación del funcionamiento del sensor. • Configuración y utilización del sensor. • Elaboración de unidad de detección ultrasónica e incorporación del dispositivo al robot explorador. • Ejemplo programación para implementar sensor de ultra sonido. • Desarrollo de reto número 3.

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Contenidos de construcción y programación**

<p>Taller 5: Construcción y programación de robots con sensores parte II</p>	<p>Taller 6: Construcción y programación de robots con sensores parte III</p>
<p>1. Manejo del sensor de tacto (contacto):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicación del funcionamiento del sensor. • Configuración y utilización del sensor. • Elaboración de unidad de contacto y choque (<i>bumper</i>) e incorporación del dispositivo al robot explorador. • Ejemplo de programación implementando sensores de contacto. • Desarrollo de reto número 4. 	<p>1. Manejo del sensor de luz y de color (RGB/luz):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicación del funcionamiento del sensor. • Configuración y utilización del sensor. • Elaboración de unidad de detección de colores e incorporación del dispositivo al robot explorador. • Ejemplo de programación implementando sensor de color (RGB/luz). • Desarrollo de reto número 5.
<p>Taller 7: Construcción y programación de robots inteligentes parte I</p>	<p>Taller 8: Construcción y programación de robots inteligentes parte II</p>
<p>1. Comunicación entre bloques:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicación del funcionamiento del receptor de datos (<i>hub</i>). • Explicación del funcionamiento del cable de datos (<i>data wire</i>). • Elaboración de robot inteligente. • Configuración y utilización del <i>hub</i> y <i>data wire</i>. • Ejemplo de programación implementando <i>hub</i> y <i>data wire</i> 	<p>1. Implementación de variable y constantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicación y ejemplo del uso de variables. • Explicación y ejemplo del uso de constantes. • Desarrollo de reto número 7. • Explicación de proyecto libre.

Continuación de la tabla VI.

<p>2. Bloques de datos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Explicación y ejemplo del funcionamiento del bloque matemático.• Explicación y ejemplo del funcionamiento del bloque aleatorio.• Explicación y ejemplo del funcionamiento del bloque de comparación.• Explicación y ejemplo del funcionamiento de los bloques lógicos. <p>3. Desarrollo de reto número 6.</p>	
--	--

Fuente: elaboración propia.

2.4. Análisis de resultados

Los cursos de robótica educativa se desarrollaron con dos grupos distintos de alumnos que fueron convocados por el ICOS. Cada curso contó con ocho talleres desarrollados en el laboratorio de computación de dicha institución; el primer curso se realizó del 15 de agosto al 3 de octubre de 2015 y el segundo se desarrolló del 10 de octubre al 28 de diciembre de 2015.

2.4.1. Talleres

El número de curso, fecha y número de participantes, así como los objetivos y los comentarios a cada uno de los ocho talleres, se muestran en las tablas VII a la XIV y figuras 6 a la 25. Para la descripción se tomaron, a manera

de ejemplo, los talleres del primer curso debido a que el proceso de aprendizaje y experiencia en el desarrollo del mismo fue más enriquecedor.

En el primer curso participaron seis alumnos, excepto en el primer taller, donde solo asistieron cuatro, pero en el siguiente se les orientó a los dos nuevos alumnos para integrarse y cumplir con las tareas asignadas y continuar con el proceso sin dificultad. Durante el segundo curso, las actividades se desarrollaron de forma similar, haciendo cambios en la cantidad de tiempo dedicado a temas específicos como los conceptos de procesos anidados y cíclicos. En este curso participaron seis alumnos y los resultados fueron igualmente satisfactorios que los del primero.

Tabla VII. **Taller 1: Introducción a la programación**

Descripción	Objetivos
Curso: 1 Fecha: 15/8/2015 Participantes: 4 alumnos	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar la mecánica de trabajo al grupo. • Definir los conceptos de programación y robótica. • Introducción general a los componentes LEGO Mindstorms. • Construir un robot base. • Familiarizar a los alumnos con el IDE de LEGO Mindstorms para la elaboración de programas.
Comentarios La duración del taller (2 horas y 30 minutos) fue insuficiente para que todos los alumnos pudieran completar el armado del "robot básico". Los alumnos que terminaban de armar su modelo base tendían a distraer al resto del grupo que no había terminado, por lo que se les orientó a ver vídeos de las funciones del bloque inteligente integrados al IDE de LEGO Mindstorms.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Actividades iniciales, taller 1**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 7. **Construcción modelo base, taller 1**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Tabla VIII. **Taller 2: Creación y modificación de programas**

Descripción	Objetivos
<p>Curso: 1 Fecha: 22/8/2015 Participantes: 6 alumnos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Instruir a los alumnos en el uso del área de trabajo del IDE, donde desarrollarán cada uno de sus programas. • Aprender a utilizar los bloques de; imagen, sonido y movimiento. • Transmitir el conocimiento necesario para definir un programa sencillo y pasarlo al ladrillo inteligente para su posterior ejecución. • Ejecutar de forma exitosa cuatro ejercicios y un problema a resolver.
<p>Comentarios</p> <p>Los alumnos pudieron transmitir programas desde el ordenador hacia el ladrillo inteligente, al igual que crear programas sencillos utilizando los bloques (imagen, sonido y movimiento) vistos durante el taller.</p> <p>Todos los ejercicios planificados fueron ejecutados de manera exitosa y el problema planteado fue desarrollado y resuelto de manera satisfactoria por cada uno de los alumnos.</p>	

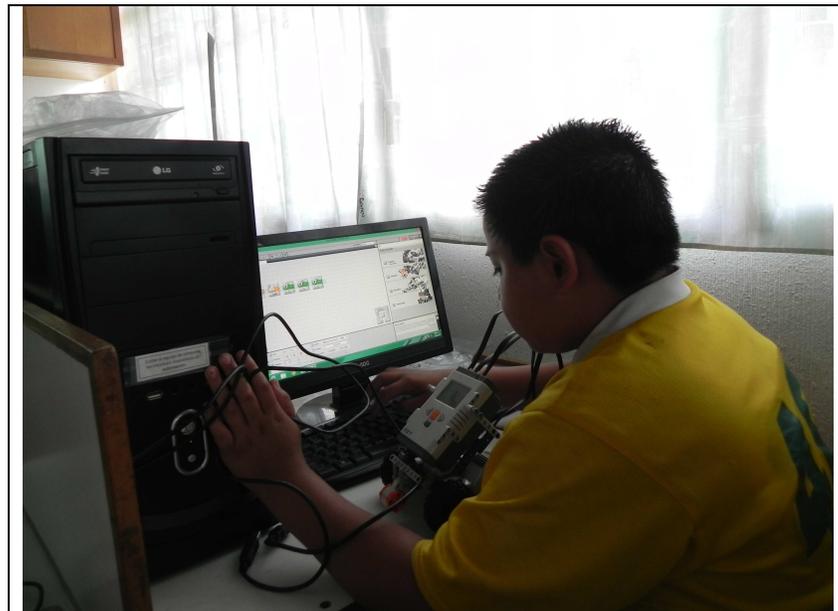
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Programación de robot, taller 2**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 9. **Modificación de programas, taller 2**



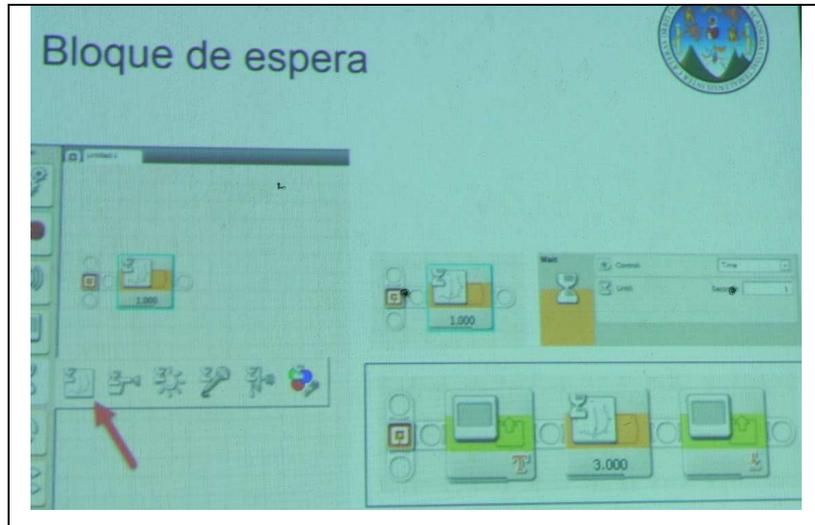
Fuente: instalaciones del ICOS.

Tabla IX. **Taller 3: Programación estructurada**

Descripción	Objetivos
<p>Curso: 1 Fecha: 29/8/2015 Participantes: 6 alumnos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender qué es un diagrama de flujo y el propósito de los mismos. • Comprender el propósito y la lógica de las estructuras de control y su uso en la programación con LEGO Mindstorms. • Aprender a utilizar bloques de espera, desplazamiento y ciclo. • Aprender a ejecutar instrucciones en paralelo.
<p>Comentarios</p> <p>Los ejercicios y problemas relacionados con la creación de flujos secuenciales y cíclicos fueron desarrollados exitosamente. Sin embargo, la mayoría de alumnos tuvo dificultades para resolver los problemas que requerían la utilización de estructuras cíclicas anidadas.</p> <p>Teniendo en cuenta lo complejo de la anidación cíclica, dicho tema se abordó en una clase completa durante el segundo curso, logrando que todos los alumnos pudiesen resolver todos los problemas planteados en relación al uso de estructuras cíclicas anidadas.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Presentación sobre programación estructurada, taller 3**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 11. **Explicación sobre programación estructurada, taller 3**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 12. **Práctica de programación estructurada, taller 3**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 13. **Curso de programación estructurada, taller 3**



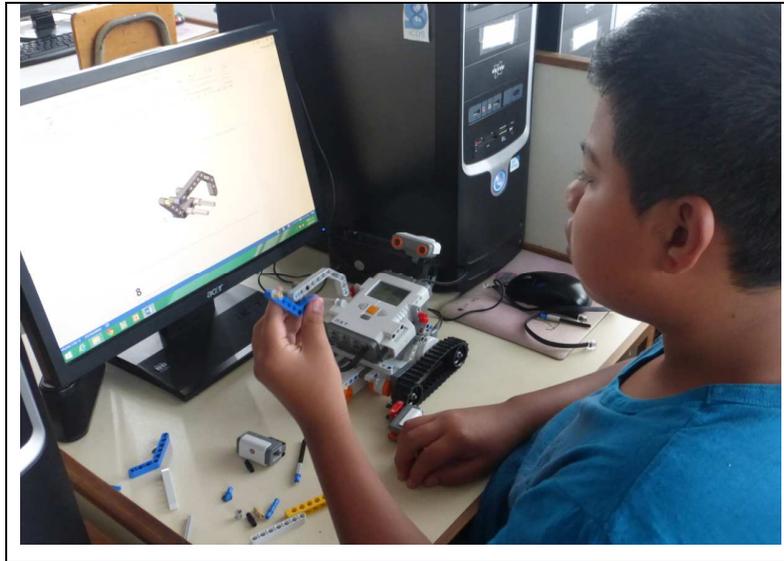
Fuente: instalaciones del ICOS.

Tabla X. **Taller 4: Construcción y programación de robots I**

Descripción	Objetivos
<p>Curso: 1 Fecha: 5/9/2015 Participantes: 6 alumnos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir, de forma general, a los sensores de LEGO Mindstorms. • Construir un dispositivo para alojar el sensor de ultrasonido. • Comprender la lógica sobre la cual funciona el sensor de ultrasonido. • Aprender a utilizar el sensor de ultrasonido e integrarlo al robot ya desarrollado. • Desarrollar los ejercicios y resolver los problemas planteados utilizando el sensor de ultrasonido.
<p>Comentarios</p> <p>La definición de sensores, como los instrumentos que le permiten ver, escuchar y sentir al robot, facilitó el proceso para comprender la utilidad de los mismos, para la creación de robots capaces de responder a su ambiente.</p> <p>La explicación de la lógica del ultrasonido mediante el ejemplo de murciélagos, permitió explicar de manera más sencilla la forma de funcionamiento de dicho sensor, pues la relación de conceptos facilita el aprendizaje de los mismos.</p> <p>El sensor de ultrasonido resultó ser uno de los más útiles por la exactitud del mismo para la identificación de objetos, lo que permitió a los alumnos completar exitosamente todos los problemas propuestos, en relación a la autonavegación.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Dispositivo para alojar el sensor de ultrasonido, taller 4**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 15. **Alojando el sensor de sonido en el robot, taller 4**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Tabla XI. **Taller 5: Construcción y programación de robots II**

Descripción	Objetivos
<p>Curso: 1 Fecha: 12/9/2015 Participantes: 6 alumnos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construir un dispositivo para alojar el sensor de tacto. • Comprender la lógica sobre la cual funciona el sensor de tacto. • Aprender a utilizar el sensor de tacto e integrarlo al robot ya desarrollado. • Desarrollar los ejercicios y resolver los problemas planteados utilizando el sensor de tacto.
<p>Comentarios</p> <p>El sensor de tacto, al poseer únicamente tres tipos de acciones asociadas, fue uno de los sensores más sencillos de utilizar, sin embargo, es altamente versátil y exacto. Se utilizó para ejemplificar, cómo instrucciones simples pueden permitirle al robot solucionar problemas de navegación.</p> <p>Se construyó una estructura de LEGO diseñada para funcionar como para choques, con el objetivo de identificar cuando el robot tuviese una pared de frente y en respuesta este retrocediera y optara por seguir otro camino.</p> <p>Se cumplieron los objetivos propuestos para este taller, de igual manera, el sensor de tacto permitió a los alumnos completar exitosamente todos los problemas propuestos en relación a la autonavegación.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Construcción de dispositivo para sensor, taller 5**



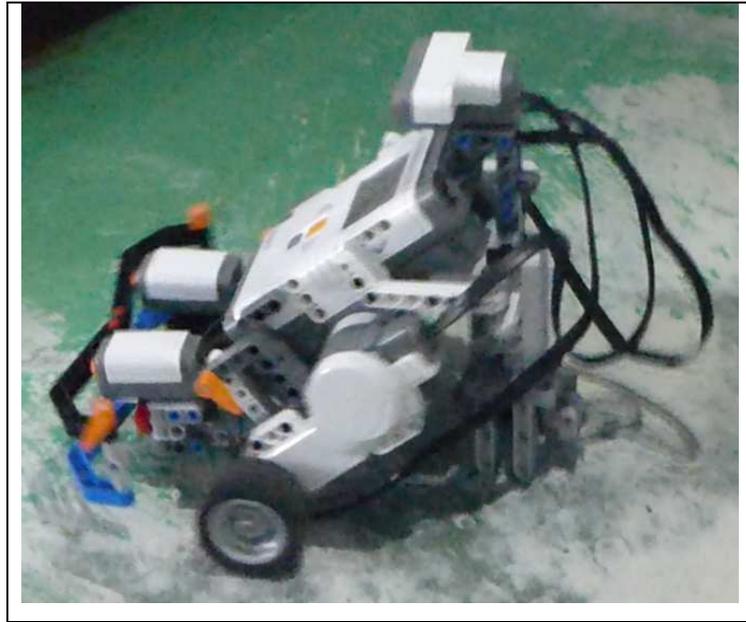
Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 17. **Construcción de dispositivo para sensor de tacto, taller 5**



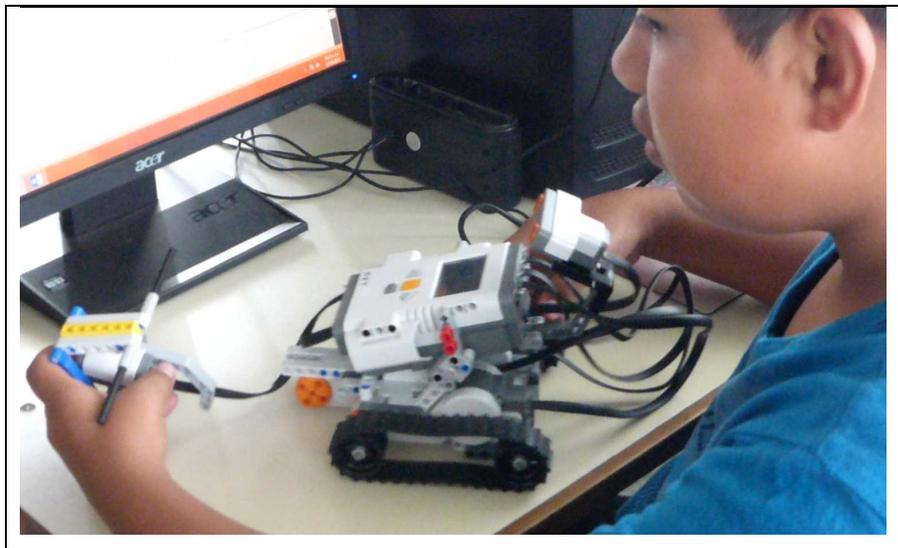
Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 18. **Robot con sensor de tacto instalado, taller 5**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 19. **Práctica de uso del sensor de tacto, taller 5**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Tabla XII. **Taller 6: Construcción y programación de robots III**

Descripción	Objetivos
<p>Curso: 1 Fecha: 19/9/2015 Participantes: 6 alumnos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construir un dispositivo para alojar el sensor de luz y de color. • Comprender la lógica sobre la cual funciona el sensor de luz y de color. • Aprender a utilizar el sensor de luz y de color e integrarlo al robot ya desarrollado. • Desarrollar los ejercicios y resolver los problemas planteados utilizando el sensor de luz y de color.
<p>Comentarios</p> <p>El sensor de luz presenta un alto nivel de foto sensibilidad, por lo que la calibración y configuración del mismo, para diferenciar entre una superficie opaca y una clara resulta engorroso; puesto que la luz ambiental afecta en gran medida el haz de luz proyectado.</p> <p>No se pudieron realizar los ejercicios asociados, por lo que se cambió por el sensor de color, cuyo uso no presenta problemas por la luz de día.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Dispositivo para alojar sensor de color, taller 6**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 21. **Instalación del sensor de color, taller 6**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Tabla XIII. **Taller 7: Construcción y programación de robot inteligente I**

Descripción	Objetivos
<p>Curso: 1 Fecha: 26/9/2015 Participantes: 6 alumnos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender y utilizar variables de entrada en procesos, que permitan definir acciones en función de la intensidad de una determinada acción condicionada. • Aprender a utilizar y configurar: <i>hub</i> y <i>data wire</i>. • Comprender las expresiones lógicas a través de los bloques lógicos. • Comprender el concepto de aleatoriedad y su aplicación en la programación mediante el uso del bloque aleatorio. • Desarrollar los ejercicios y resolver los problemas planteados utilizando bloques de datos.
<p>Comentarios</p> <p>Se utilizaron sensores enlazados a eventos externos, de modo que la acción a realizar por parte del robot, dependía de la intensidad de las señales captadas por los sensores utilizados.</p> <p>Los bloques lógicos no fueron utilizados, para darle prioridad al uso del sensor de sonido, ya que el sensor de luz no permitió realizar los ejercicios planteados en el taller anterior, debido al exceso de luz solar presente en el laboratorio de trabajo.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Construcción de robot inteligente, taller 7**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 23. **Programación de robot inteligente, taller 7**



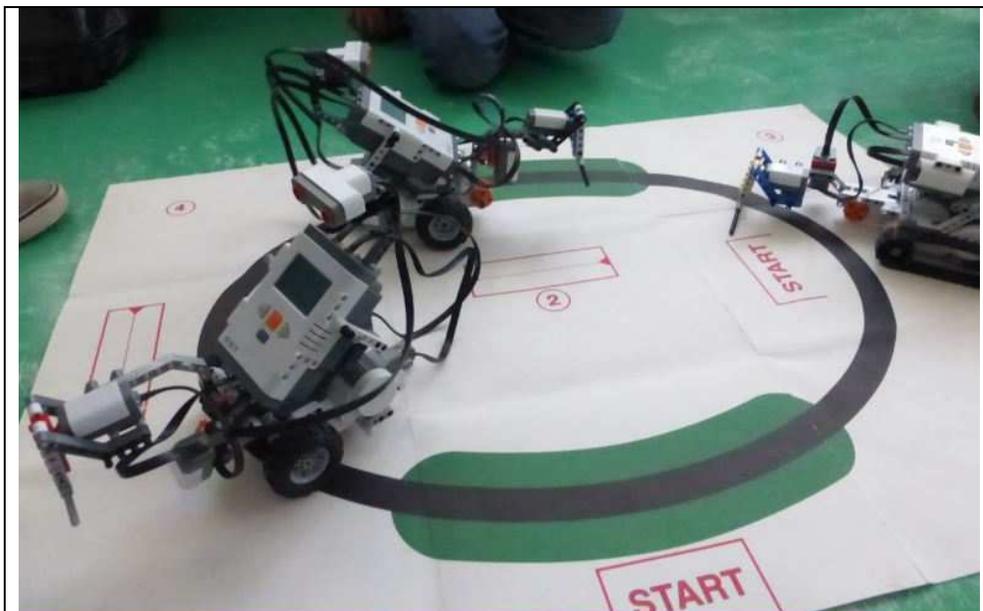
Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 24. **Práctica de robot inteligente, taller 7**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 25. **Robots inteligentes, taller 7**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Tabla XIV. **Taller 8: Construcción y programación de robot inteligente II**

Descripción	Objetivos
Curso: 1 Fecha: 3/10/2015 Participantes: 6 alumnos	<ul style="list-style-type: none">• Manejar valores constantes.• Desarrollar problemas utilizando variables y sensor de sonido.• Explicar y desarrollo de proyecto.
Comentarios <p>Se desarrollaron problemas cuya solución implica la utilización de varios sensores al mismo tiempo, así como el uso de variables de entrada y constantes.</p> <p>Se explicó el proyecto, el objetivo del proyecto final para presentar y se ayudó a cada alumno a identificar un problema que quisiese resolver, mediante la programación de sus robot LEGO.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Práctica de sensores de sonido, taller 8**



Fuente: instalaciones del ICOS.

Figura 27. **Competencias de robots inteligentes, taller 8**



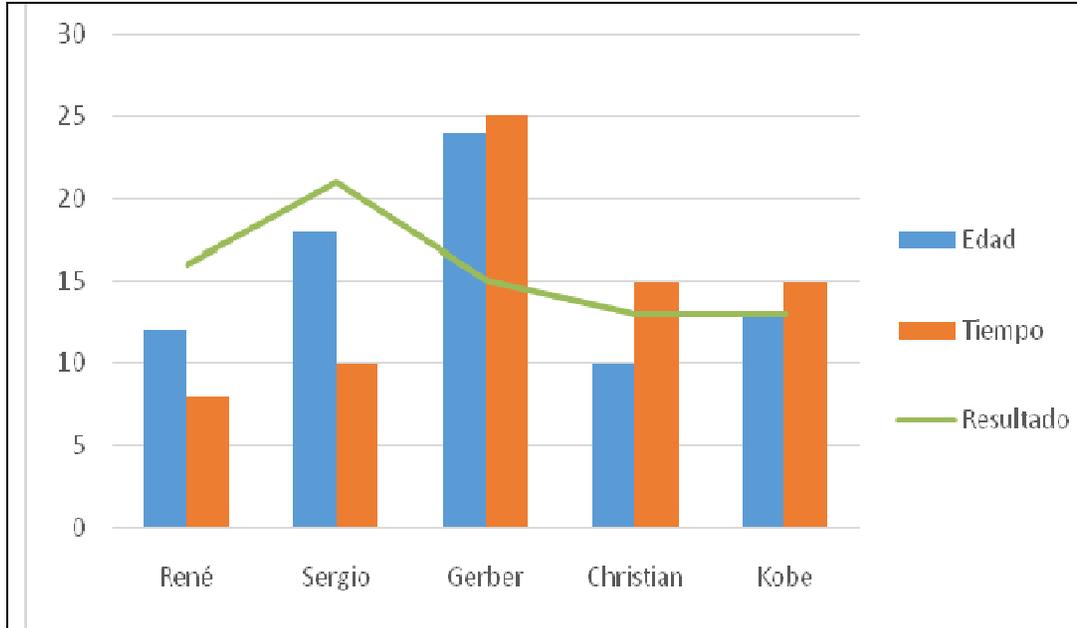
Fuente: instalaciones del ICOS.

2.4.2. Evaluaciones

Tanto al inicio como al final de cada uno de los dos cursos de robótica educativa se realizó una evaluación a los estudiantes, con el fin de determinar el nivel de impacto que tuvieron los distintos talleres en el cumplimiento de los objetivos planteados.

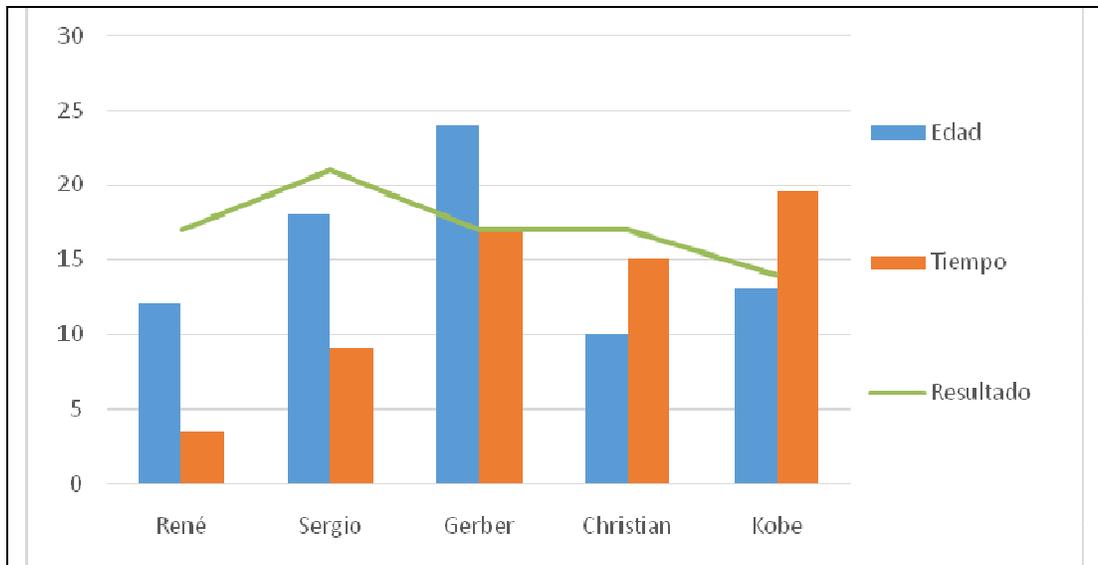
En las evaluaciones de desempeño y capacidad de razonamiento lógico de los alumnos, durante el primer curso, desarrollado del 15 de agosto de 2015 al 3 de octubre del mismo año, en el laboratorio de computación del ICOS, se evaluó a los seis participantes, sin embargo, se eliminó una de las evaluaciones, ya que se identificó que uno de los alumnos contestó de manera aleatoria.

Figura 28. Evaluación de desempeño inicial primer curso



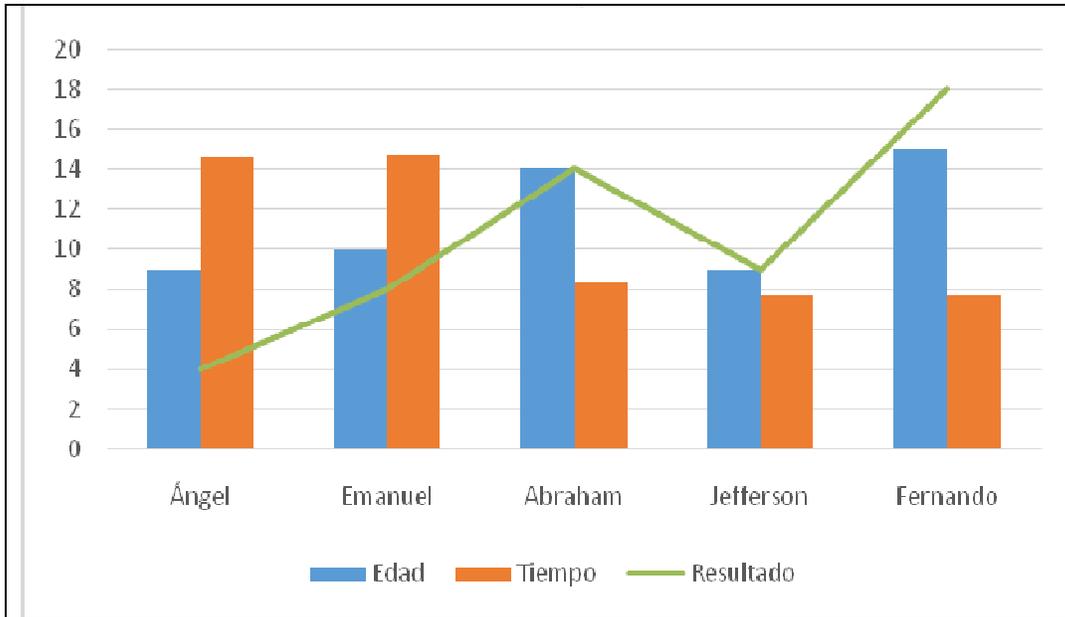
Fuente: elaboración propia, empleando programa Excel.

Figura 29. Evaluación de desempeño final del primer curso



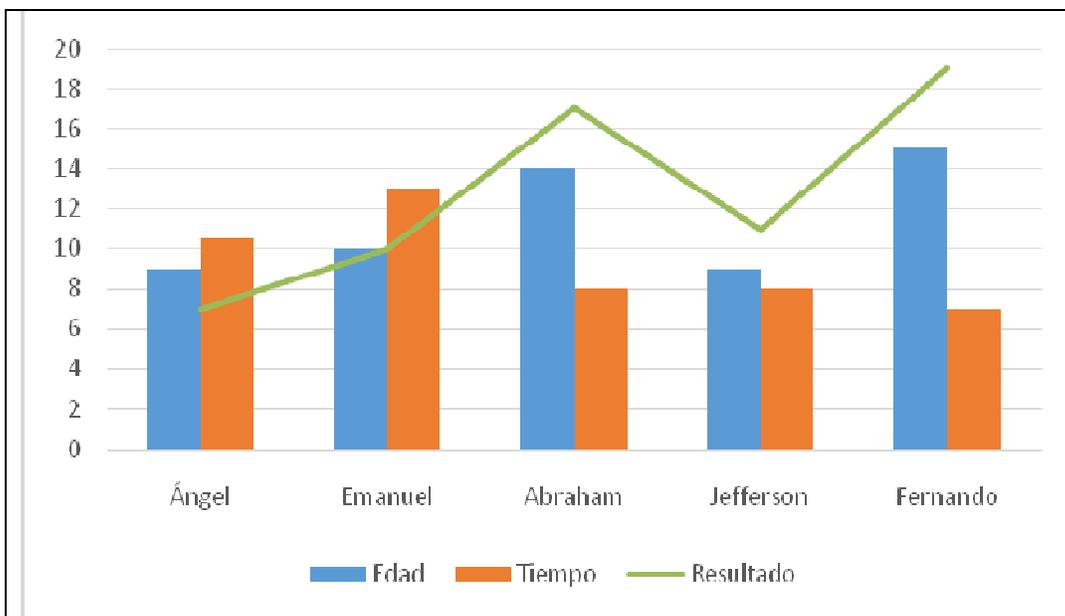
Fuente: elaboración propia, empleando programa Excel.

Figura 30. Evaluación de desempeño inicial segundo curso



Fuente: elaboración propia, empleando programa Excel.

Figura 31. Evaluación de desempeño final segundo curso



Fuente: elaboración propia, empleando programa Excel.

De acuerdo a los punteos obtenidos en las evaluaciones de ambos cursos y el tiempo utilizado en responder; se observó que ambos grupos de alumnos presentaron una mejora en el rendimiento de sus evaluaciones y en el tiempo de resolución.

Cabe resaltar el impacto positivo que tuvo para Gerber (adolescente con problemas auditivos) su participación en el curso, como el único alumno con una capacidad especial, mejoró sustancialmente su capacidad de analizar y resolver problemas, de igual manera redujo en 28 % el tiempo que le tomó la resolución de su evaluación final.

2.4.3. Presentación de proyectos

Posterior a la realización del octavo taller del segundo curso, el cual tuvo varias mejoras a partir de las lecciones aprendidas y la experiencia del primer curso, el 5 de diciembre de 2015 (tabla XV), se hizo una presentación de los resultados obtenidos y proyectos elaborados por los alumnos del segundo curso a padres de familia y a invitados del ICOS.

Además hubo exposición de los trabajos elaborados por los distintos cursos impartidos en el ICOS para dar a conocer los productos elaborados por los participantes.

Tabla XV. **Presentación de proyectos**

Descripción	Objetivos
<p>Curso: 2 Fecha: 5/12/2015 Participantes: 7 alumnos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una demostración a padres de familia de las actividades desarrolladas en uno de los cursos de robótica educativa. • Mostrar a la comunidad de qué trataron los cursos de robótica educativa, para fomentar el interés por los mismos. • Despertar interés en niños y jóvenes de la comunidad por la robótica.
<p>Comentario</p> <p>La presentación de los proyectos tuvo un gran impacto en la mayoría de niños quienes se acercaron muy interesados al igual que muchos padres de familia, quienes preguntaron por horarios del curso y deseaban inscribir a sus hijos e hijas.</p> <p>Por la gran cantidad de padres de familia, quienes durante la presentación de proyectos indicaron desconocer que cursos de robótica educativa se desarrollaban en ICOS, por lo tanto se hace evidente la necesidad de darle más publicidad o cambiar la forma en que se dio a conocer el curso.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Exposición de robots inteligentes**



Fuente: instalaciones del ICOS.

CONCLUSIONES

1. Los cursos de robótica educativa fomentaron el interés por la robótica, tanto de los niños y jóvenes que fueron alumnos de los dos cursos, como de los padres de familia, quienes expresaron interés porque estos continuaran.
2. Los alumnos que habían recibido anteriormente un curso de programación, necesitaron de una menor cantidad de tiempo para aprender a manipular las estructuras de control de flujo (bloques).
3. La adaptación de la metodología 4C de LEGO, para la realización de talleres de robótica, permitió mantener el interés de los alumnos mediante la construcción de robots con piezas LEGO y el desarrollo de problemas prácticos.
4. El desarrollo de ocho talleres por curso permitió abarcar conceptos básicos de programación y la utilización de todos los bloques básicos previstos por la herramienta Mindstorms NXT 2.0.
5. Los dos cursos de robótica educativa permitieron a los alumnos mejorar su desempeño en las evaluaciones de razonamiento lógico y resolución de problemas al finalizar cada curso.
6. Los cursos de robótica educativa desarrollaron la capacidad de los alumnos de crear e interpretar diagramas de flujo básicos que les permitieron programar el ladrillo inteligente.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un medio de evaluación lúdico que permita monitorear el desempeño de los alumnos durante el desarrollo de cada taller, con el fin de identificar las fortalezas y debilidades de cada uno de los participantes.
2. Extender la duración de cada curso mediante el desarrollo del mismo dos veces por semana, con la misma duración para realizar una mayor cantidad de ejercicios y problemas.
3. Dedicar al menos cuatro días de clases para desarrollar los proyectos finales que se presentan a padres de familia, para desarrollar los mismos de manera integral con cada uno de los alumnos.
4. Incluir en el desarrollo de futuros cursos al personal del ICOS como oyentes durante el desarrollo de los talleres, con el objetivo de ampliar el número de personas capaces de impartir dicho curso.
5. Desarrollar un taller de introducción a la utilización de LEGO Mindstorms para profesores del ICOS.
6. Implementar una mecánica de aportación voluntaria por los padres de familia, cuyos hijos reciban cursos de robótica educativa, con el fin de recaudar fondos para la compra y mantenimiento de los dispositivos LEGO Mindstorms.

7. Crear un espacio dedicado a la utilización de unidades LEGO Mindstorms dentro del ICOS, donde a manera de préstamo; niños y jóvenes puedan utilizar los dispositivos en horarios que el Instituto esté abierto.

8. Implementar talleres adicionales orientados exclusivamente al desarrollo de pequeños proyectos asociados a los talleres ya existentes. Donde cada alumno pueda desarrollar una idea propia utilizando el conocimiento obtenido del taller anterior.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRUZ CASAPAICO, JOEL. *Aplicación de la robótica educativa como estrategia en el desarrollo de las capacidades del área de E.P.T. con estudiantes del 7mo grado de la I.I. 3711 en el año 2011.* [en línea]. <<http://es.scribd.com/doc/69897673/04-Trabajo-Final-Tesis-JBCC#scribd>>. [Consulta: 13 de abril de 2015].
2. ICOS ORG. *Instituto de Cooperación Social.* [en línea]. <<http://www.icosguate.org/>>. [Consulta: 1 de abril de 2015].
3. LEGO Education. *A sistem for learning.* [en línea]. <<https://le-www-live-s.legocdn.com/sc/media/files/marketing-tools/lego-education-manifesto-d218aa7fac50c89c1b307b8f1ab94b16.pdf>>. [Consulta: 17 de junio de 2015].
4. _____. *LEGO Education Resources.* [en línea]. <<https://education.lego.com/en-au/preschool-and-school/secondary/mindstorms-education-ev3/teaching-resources/software/robot-educator>>. [Consulta: 13 de abril de 2015].
5. LIPKOWITZ, Daniel. *THE LEGO BOOK.* Nueva York, Estados Unidos: DK Publishing, 2012. 255 p. ISBN: 978-0-7566-6693-4.

6. Manual de Robótica. *Manual de ROBÓTICA LEGO MINDSTORMS NXT*. [sitio web]. <<http://manualderobotica.blogspot.com/2010/03/robotica.html>>. [Consulta: 18 de septiembre de 2015].
7. PITTI, KATHIA. et al. *Uso de la robótica como herramienta de aprendizaje en Iberoamérica y España*. [en línea]. <<http://rita.det.uvigo.es/VAEPRITA/201403/uploads/VAEP-RITA.2014.V2.N1.A8.pdf>>. [Consulta: 16 de abril de 2015].
8. RHODES, Fay. *THE LEGO MINDSTORMS NXT ZOO!: an unofficial, kid-friendly guide to building robotic animals with LEGO MINDSTORMS NXT*. San Francisco, Estados Unidos: No Starch Press, 2008. 320 p. ISBN: 978-1-59327-170-1.
9. Toys Period. *LEGO 3804 Robotics Invention System, Version 2.0*. [en línea]. <<https://www.toysperiod.com/img/cache/d0/800x600/d4e4o5g414u3y404y284t2n2s5h4c4r2b4w244q2b4v2v2.jpg>>. [Consulta: 6 de febrero de 2016].
10. VALK, Laurens. *THE LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 DISCOVERY BOOK: a beginner's guide to building and programming robots*. San Francisco, Estados Unidos: No Starch Press, 2010. 297 p. ISBN: 978-1-59327-211-1.
11. _____. *THE LEGO MINDSTORMS EV3 DISCOVERY BOOK: a beginner's guide to building and programming robots*. San Francisco, Estados Unidos: No Starch Press, 2014. 371 p. ISBN: 978-1-59327-532-7.

12. VILLALOBOS, ROBERTO. et al. *La clave es la prevención*. Revista D. [en línea]. <<http://especiales.prensalibre.com/revistad/2011/07/31/fondo.shtml>>. [Consulta: 12 de diciembre de 2015].
13. WEGuatemala Asociación Instituto de Cooperación Social. [en línea]. <<http://weguatemala.org/en/node/4263>>. [Consulta: 15 de abril de 2015].

APÉNDICES

Apéndice 1. Evaluación de desempeño

I Serie

Instrucciones: completar las secuencias numéricas.

Ejemplo de secuencias numéricas:

4 6 8 10 ?

La solución sería: 12, ya que se trata de una serie incremental donde cada valor es igual anterior + 2.

2 10 3 20 4 40 ?

La solución sería: 5, ya que tenemos dos series intercaladas, la primera incrementa en una unidad y la segunda multiplica por 2.

-
1. 7 , 11 , 15 , 19 _____
 2. 9 , 8 , 7 , 6 _____
 3. 30 , 26 , 22 , 18 _____
 4. 2 , 4 , 8 , 16 _____
 5. 31 , 34 , 37 , 40 _____

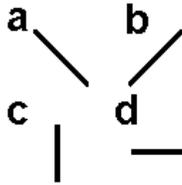
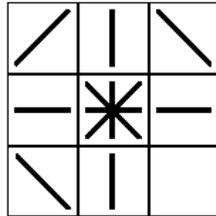
Continuación del apéndice 1.

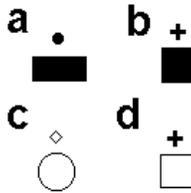
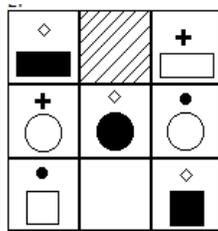
6.	1 , -4 , -9 , -14	_____
7.	3 , 6 , 12 , 24	_____
8.	12 , 10 , 8 , 6	_____
9.	4 , 16 , 64 , 256	_____
10.	10 , 50 , 250 , 1250	_____
11.	1 , 4 , 7 , 10	_____
12.	26 , 23 , 20 , 17	_____
13.	17 , 18 , 19 , 20	_____
14.	29 , 28 , 27 , 26	_____
15.	33 , 37 , 41 , 45	_____
16.	31 , 26 , 21 , 16	_____
17.	3 , 9 , 27 , 81	_____
18.	2 , 4 , 8 , 16	_____
19.	23 , 28 , 33 , 38	_____
20.	3 , 6 , 12 , 24	_____

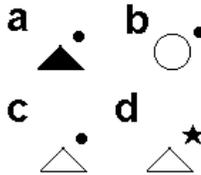
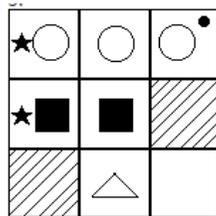
Continuación del apéndice 1.

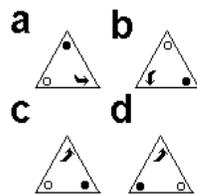
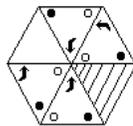
II Serie

Instrucciones: observa la secuencia en las gráficas y escribe la secuencia que falta.









_____.

Fuente: elaboración propia.

